КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

VRM.GROUP
VRMASTER

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

VIII Национальная научно-практическая конференция
(Казань, 8-9 декабря 2022 г.)

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Казанский государственный энергетический университет»

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

VIII Национальная научно-практическая конференция
(Казань, 8–9 декабря 2022 г.)

Материалы конференции

Казань
2023

УДК 621.313
ББК 31.261
П75

Рецензенты:
д-р техн. наук, зав. кафедрой электропривода и электротехники
ФГБОУ ВО «КНИТУ» В. Г. Макаров
канд. техн. наук, зав. кафедрой электроэнергетических систем и сетей
ФГБОУ ВО «КГЭУ» В. В. Максимов

П75 **Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве :** материалы VIII Национальной научно-практической конференции (Казань, 8–9 декабря 2022 г.) / редколлегия : Э. Ю. Абдуллазянов (главный редактор), И. Г. Ахметова, О. В. Козелков, О. В. Цветкова. – Казань : КГЭУ, 2023. – 1040 с.

ISBN 978-5-89873-624-8

Опубликованы материалы VIII Национальной научно-практической конференции «Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве» по следующим научным направлениям:

1. Приборостроение и управление объектами мехатронных и робототехнических систем в ТЭК и ЖКХ.
2. Электроэнергетика, электротехника и автоматизированный электропривод в ТЭК и ЖКХ.
3. Инновационные технологии в ТЭК и ЖКХ.
4. Актуальные вопросы инженерного образования.
5. Промышленная электроника на объектах ЖКХ и промышленности.
6. Светотехника.
7. Энергосберегающие технологии в сфере ЖКХ.
8. Эксплуатация и перспективы развития электроэнергетических систем. Контроль, автоматизация и диагностика электроустановок, электрических станций и подстанций.
9. Теплоснабжение в ЖКХ.

Предназначен для научных работников, аспирантов и специалистов, работающих в сфере энергетики, а также для обучающихся энергетического профиля.

Материалы докладов публикуются в авторской редакции. Ответственность за их содержание возлагается на авторов.

УДК 621.313
ББК 31.261

ISBN 978-5-89873-624-8 © КГЭУ, 2023

Направление 1. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ОБЪЕКТАМИ МЕХАТРОННЫХ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ТЭК И ЖКХ

УДК 62-52 (075)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУММАРНОЙ ПОГРЕШНОСТИ СИСТЕМЫ АКТИВНОГО УПРАВЛЯЮЩЕГО КОНТРОЛЯ РАЗМЕРОВ

Куаку Вилфриед Андерсон[1], Малёв Николай Анатольевич[2]
Осынбасар Дарын Бисенгалиулы[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
maleeev@mail.ru

В работе приведены аналитические выражения для оценки суммарной погрешности системы обработки деталей с применением устройств активного контроля (УАК) размеров. Показаны особенности управляющего контроля при использовании УАК в машиностроительном производстве. Сформулированы требования к математическому описанию исследуемых систем, обеспечивающие достоверность результатов точностного анализа.

Ключевые слова: систематическая погрешность, случайная погрешность, активный контроль, точность.

TOTAL ERROR DETERMINATION OF THE SYSTEM ACTIVE DIMENSIONAL CONTROL

Kuaku Wilfried Anderson[1], Malev Nikolay Anatolievich[2],
Osynbasar Daryn Bisengaliuly[3]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1,2]maleeev@mail.ru

The paper presents analytical expressions for estimating the total error of the parts processing system using active control devices (ACD) of dimensions. Showing the features of factor control when using the ACD in machine-building production. The requirements for the mathematical description of the systems under study are formulated, which ensure the reliability of the results of the accuracy analysis.

Keywords: systematic error, random error, active control, accuracy.

Особенностью системы управляющего активного контроля размеров является однократность действия и наличие элементов с существенными нелинейностями [1]. Систематические погрешности таких систем возникают вследствие запаздывания прохождения сигнала через ее элементы, а случайная составляющая погрешности может быть вызвана влиянием различного рода наводок, флуктуаций и помех [2].

Если на вход линейной части систем подается сигнал с математическим ожиданием $\mu_x(t) = m_x(t) + n_x(t)$, состоящий из математического ожидания полезной части сигнала $m_x(t)$ и математического ожидания помехи $n_x(t)$, то систематическая погрешность системы

$$\varepsilon(t) = m_z(t) - A\left[m_x(t) + n_x(t)\right],$$

где $m_z(t)$ – требуемое значение сигнала на выходе; A – заданная операция, которую совершает система над входными сигналами.

Сигнал на выходе системы $\mu_y(t) = m_y(t) + n_y(t)$.

Пусть уровень настройки изменяется во времени по закону $x_{\text{н}}(t)$. Тогда момент появления сигнала t_{01} для какой-либо конкретной обрабатываемой детали, вызывающей возникновения сигнала

$$\mu_{yi}(t) = m_{yi}(t) + n_{yi}(t),$$

может быть определен решением уравнения:

$$x_{\text{н}}(t_{01}) - m_{yi}(t_{01}) - n_{yi}(t_{01}) = 0 \qquad (1)$$

при условии, что корень этого уравнения является минимальным из всех возможных [2]. Следовательно, систематическая погрешность

$$\varepsilon_{yi}(t_{01}) = \cancel{m_{yi}(t_{01})} + n_{yi}(t_{01}) - \cancel{m_{yi}(t_{01})} = n_{yi}(t_{01}) = \\ = x_{\text{н}}(t_{01}) - m_{yi}(t_{01}). \qquad (2)$$

Суммарная систематическая погрешность системы:

$$\varepsilon_z(t) = \sum_{i=1}^{s}\sum_{j=1}^{u}\left(\partial F_{1,2,\ldots,r}/\partial x_{1,2,\ldots,r}\right)m(t_0),\ j = \overline{1,k}, \qquad (3)$$

где $m_j(t)$ – математическое определение вида ожидания погрешности, имеющей место в i-м звене; s – число звеньев в системе; u – число источников погрешностей; $\partial F/\partial x_i$ – передаточное отношение i-го звена; r – число координат измеряемой величины.

Случайная составляющая погрешности может быть найдена на основании вычисленной корреляционной функции выходного сигнала системы:

$$K_{\Sigma}(t,t') = \sum_{i=1}^{s}\sum_{v=1}^{l}\left(\frac{\partial F_{1,2,\ldots,r}}{\partial x_{v=1,2,\ldots,r}}\right)^2 K_y(t,t') +$$

$$+2\sum_{i=1}^{s}\sum_{v\neq\xi}^{l}\frac{\partial F_{1,2,\ldots,r}}{\partial x_{v=1,2,\ldots,r}}\frac{\partial F_{1,2,\ldots,r}}{\partial x_{\xi=1,2,\ldots,r}}K_{v\xi}(t,t'), \qquad (4)$$

где l – число источников случайных составляющих помех; t – число попарно корреляционно связанных параметров; t’ – рядом лежащее число попарно корреляционно связанных параметров.

Выражение (4) является наиболее общим и содержит слагаемые в виде коррелятов всех случайных функций и все возможные их взаимные корреляционные функции, приведенные к выходному звену.

Для исследования точности всей системы в целом необходимо знать случайные функции составляющих погрешностей, место их проявления и взаимные корреляционные функции, а также передаточные функции звеньев системы [3]. Выражения (1)–(4) справедливы только для случая линейной системы управления либо при однократном срабатывании нелинейных элементов системы. В противном случае при наличии в системе элементов с существенными нелинейностями уравнения для математических ожиданий переменных не совпадают с уравнениями динамики системы, и не могут быть решены отдельно от уравнений, определяющих случайные отклонения переменных от их математических ожиданий.

Источники

1. Сайфулин Р.Р. Приборы и средства активного контроля размеров деталей в металлообрабатывающем оборудовании // Universum: технические науки. 2021. № 12 (93). С. 35–36.

2. Max margin learning of hierarchical configural deformable templates (hcdts) for efficient object parsing and pose estimation / Long Zhu [et al.] // International Journal of Computer Vision. 2011. Vol. 93, Iss. 1. 21 p.

3. Экспериментально-аналитическая идентификация математической модели электромеханического преобразователя постоянного тока с применением метода наименьших квадратов / Н.А. Малёв [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2019. № 21 (4). С. 113–122.

УДК 62-52 (075)

АНАЛИЗ ПРИЧИН ПОЯВЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ СИСТЕМ АКТИВНОГО УПРАВЛЯЮЩЕГО КОНТРОЛЯ РАЗМЕРОВ

Куаку Вилфриед Андерсон[1], Малёв Николай Анатольевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
maleeev@mail.ru

В работе проводится анализ источников появления погрешностей устройств активного контроля (УАК) размеров деталей. Метод активного контроля позволяет осуществить управление производственным процессом в автоматическом режиме, обеспечивая поддержание на заданном уровне основных показателей выпускаемой продукции как в процессе эксплуатации, так и на этапе изготовления. Приведены основные причины появления погрешностей УАК и показаны пути их уменьшения.

Ключевые слова: погрешности, активный контроль, автоматизация, эксплуатация.

ANALYSIS OF THE REASONS FOR THE FORMATION OF SYSTEMS ERRORS ACTIVE DIMENSIONAL CONTROL

Kuaku Wilfried Anderson[1], Malev Nikolay Anatolievich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[2]maleeev@mail.ru

The paper analyzes the sources of errors in active control devices (ACD) of part sizes. The method of active control allows you to control the production process in automatic mode, ensuring that the main indicators of the products are maintained at a given level both during operation and at the manufacturing stage. The main reasons for the appearance of ACD errors are given and ways to reduce them are shown.

Keywords: errors, active control, automation, operation.

Оценку предполагаемой точности активного управляющего контроля размеров деталей целесообразно проводить при нормальных условиях работы для всей исследуемой системы в целом в силу того факта, что отклонение от нормальных условий может способствовать появлению дополнительных погрешностей, существенно снижающих точностные, качественные показатели и надежность системы [1].

Погрешности устройств активного контроля размеров можно классифицировать в зависимости от следующих факторов:

1) формы числового выражения – абсолютные, относительные;

2) закономерности проявления – систематические случайные;

3) режима работы устройства – статические, динамические;

4) воздействия окружающей среды – экзогенные, эндогенные;

5) способа выявления – поэлементные, суммарные;

6) последовательности/причины возникновения – методические, инструментальные, эксплуатационные и погрешности настройки.

Критерием точности работы объекта исследования (станка), оснащенного УАК, является суммарная погрешность обработки, которая может быть определена путем выявления математических зависимостей погрешностей от вызывающих их факторов, и вычислением отдельных составляющих суммарной погрешности [2].

Математически суммарную погрешность можно представить соотношением:

$$\Delta x_{\Sigma}(t) = \sum_{i=1}^{n} \Delta x_i(t).$$

Можно выделить следующие составляющие суммарной погрешности: $\Delta x_1(t)_{\text{об}}$ – погрешность образца; $\Delta x_2(t)_{\text{пол}}$ – погрешность от изменения взаимного положения детали и измерительной головки вследствие неточности узлов базирования, подвески, от изменения деформаций под действием сил резания, воздействия температурных факторов и т. д.; $\Delta x_3(t)_{\text{и.п.с.}}$ – погрешность, вызванная неточностями изготовления и изнашиванием деталей и сопряжения измерительно-преобразующей системы УАК; $\Delta x_4(t)_{\text{н}}$ – погрешность настройки; $\Delta x_5(t)_{t^{\cdot}}$ – температурная погрешность детали и измерительной головки; $\Delta x_6(t)_{\text{деф}}$ – погрешность, вызванная деформацией контролируемого изделия и элементов головки под действие усилий; $\Delta x_7(t)_{\text{фор}}$ – погрешность размера, возникающая вследствие погрешности формы изделия; $\Delta x_8(t)_{\text{дин}}$ – динамическая погрешность; $\Delta x_9(t)_{\text{и.с.}}$ – погрешность измерительного вторичного средства, с помощью которого контролируется точность УАК; $\Delta x_{10}(t)_{\text{нес}}$ – погрешность, вызванная нестабильностью источников питания; $\Delta x_{11}(t)_{\text{нав}}$ – погрешность, возникающая вследствие посторонних наводок помех, шумов и т. п.

Перечисленные погрешности могут быть дополнены или подразделены на отдельные составляющие для каждого конкретного типа УАК.

Влияние систематических составляющих суммарной погрешности $\Delta x_{\Sigma}(t)$ может быть снижено до минимально возможного значения за счет применения настройки по методу пробных деталей, соответствующим расчетом образцов и более частыми перепроверками и поднастройками оборудования, например, благодаря применению самонастраивающихся измерительных систем [3].

Случайные погрешности, приводящие к размерной погрешности обработки деталей, могут быть снижены путем применения соответствующих конструктивных и технологических приемов.

Источники

1. Сайфулин Р.Р. Приборы и средства активного контроля размеров деталей в металлообрабатывающем оборудовании // Universum: технические науки. 2021. № 12 (93). 35–36 с.

2. Max margin learning of hierarchical configural deformable templates (hcdts) for efficient object parsing and pose estimation / Long Zhu [et al.] // International Journal of Computer Vision. 2011. Vol. 93, Iss. 1. 21 p.

3. Цифровой алгоритм контроля функционирования электромеханического преобразователя постоянного тока / Н.А. Малёв [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. № 24 (1). С. 126–140.

УДК 681. 516

ЦИФРОВАЯ ЭНЕРГЕТИКА И СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВОЙ ЭНЕРГИЕЙ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

Андреева Ангелина Романовна[1], Сафаров Ильдар Мирсаяфович[2],
Альбина Ильдаровна Шарафиева[3], Марат Абдулбариевич Сафин[4]
[1,2,3,4]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]belladonahades@gmail.com, [2]ildarsafarov@mail.ru, [3]sharafievaalbina16@gmail.com

Энергетические системы беспрерывно отправляют огромные средства для реконструкции производственных мощностей. На сегодняшний день это является наиболее важной и ведущей особенностью системы автоматического управления цифровой энергетикой в Республике Татарстан. Но эти вложенные средства, а именно средства для замены, ремонта или реконструкции основного технологического оборудования, невозможны без усовершенствования систем управления этим оборудованием.

Ключевые слова: цифровая энергетика, эффективная энергетика, цифровая экономика, энергетические системы, система автоматического управления цифровой энергетикой, системы автоматизации.

DIGITAL ENERGY AND DIGITAL ENERGY AUTOMATIC CONTROL SYSTEM IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Angelina Romanovna Andreeva[1], Ildar Mirsayafovich Safarov[2], Albina Ildarovna Sharafieva[3]
Scientific advisor Marat Abdulbarievich Safin
[1,2,3,4]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]belladonahades@gmail.com, [2]ildarsafarov@mail.ru, [3]sharafievaalbina16@gmail.com

Energy systems are constantly sending huge funds for the reconstruction of production facilities. Today, this is the most important and leading feature of the digital energy automatic control system in the Republic of Tatarstan. But these investments, namely the funds for the replacement, repair or reconstruction of the main technological equipment, are impossible without the improvement of the control systems for this equipment.

Keywords: digital energy, efficient energy, digital economy, energy systems, digital energy automatic control system, automation systems.

После формирования и реализации политики перехода к цифровой экономике, сформировалась и утвердилась программа «Цифровая экономика Российской Федерации» [5]. Учитывая, что Цифровая Экономика Татарстана является основным компонентом, сомнения в ее уверенном развитии отпали. Степень децентрализации является основной частью автоматизированной системы. Это и привело к необходимости выбора

между централизованной и децентрализованной системой. Но это не единственный критерий выбора, также важную роль играет определение дальнейших организационных изменений в структуре предприятия.

АСУ ТП в энергетической терминологии делятся на составные части (подсистемы), технические задачи которых стоят перед этими частями:

– подсистема замков и технологической защиты;

– подсистема автоматического управления (АТС);

– подсистема дистанционного управления и телеметрии [1].

Рассматривая Татарстан, «Умные сети» преобразовали энергосистему Татарстана. Первые цифровые устройства релейной защиты в энергосистеме Татарстана использовались в 90-х годах. Реализация мер началась в 2014 году с запуском пилотной системы разделения распределительных сетей на воздушных линиях в Мамадышском РЭС (район электрических сетей) в Елабужских электрических сетях. Использование выключателей с газовой изоляцией EnstoAuguste позволило сократить потребление электроэнергии в четыре раза за поездку. Позднее этот положительный опыт распространился в пятнадцати сельских районах Татарстана. Благодаря «Сетевой компании» сетевая экономика Татарстана входит в пятерку лучших в России как по оснащению, так и по эффективности. Энергетический мост является гордостью ОАО «Сетевая компания» [3]. Татарстан уверенно движется к цифровизации. Сейчас все больше и больше говорят о переходе на «Индустрию 4.0». «Сетевая компания» видит для себя четвертую промышленную революцию - новую эру. С помощью интеллектуальных систем учета электроэнергии объем оказываемых услуг по передаче формируется автоматически. Технология Blockchain позволила устранить кражу данных, мошенничество, нарушение прав собственности, а также позволила без участия посредников (энергосбытовая организация) осуществлять платежи потребителям электроэнергии [4].

Архитектура интеграции с внешними IT системами. Предполагается, что полноценной реализации проекта необходимо будет обеспечить интеграцию со следующими внешними информационно технологическими системами заказчика:

CRM – в части получения данных о потребителях, подключенных к объектам электрической сети, а также изменениях в этих данных. В этом случае система CRM является источником данных, а PowerOnAdvantage является потребителем данных. Для реализации этой интеграции предлагается использовать программный интерфейс PoASoapCustomers, посредством которого будет обеспечена получения ин6формации из БД потребителей CRM. Детальное техническое решение будет разработано в рамках технического проекта.

САЦ – в части получения информации о текущих плановых и неплановых отключениях и инцидентах в электрической сети. Техническое решение будет разработано на этапе технического проектирования [2].

Источники

1. Богуславский Л.Б., Дрожжинов В.И. Основы построения вычислительных сетей для автоматизированных систем. М.: Энергоатомиздат, 2013. 256 с.
2. Мельцер М.И. Разработка алгоритмов АСУП. М.: Статистика, 2014. 240 с.
3. Семеркин С. Новая эпоха в энергетике [Электронный ресурс] // Газета «Республика Татарстан». 2018. 25 апр. (№ 59). URL: http://rt-online.ru/novaya-epoha-v-energetike/ (дата обращения: 09.11.2022).
4. Федотова В.В., Емельянов Б.Г., Типнер Л.М. Понятие блокчейн и возможности его использования [Электронный ресурс] // European science. 2018. № 1 (33). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ponyatie-blokcheyn-i-vozmozhnosti-ego-ispolzovaniya (дата обращения: 09.11.2022).
5. Головенчик Г.Г. Цифровая экономика [Электронный ресурс]: учеб.-метод. комплекс. Минск: БГУ, 2020. Минск: БГУ, 2020. 143 с. URL: https://elib.bsu.by/handle/123456789/242300 (дата обращения: 10.11.2022).

УДК 621-313.3

УСТРОЙСТВО МНОГОКАНАЛЬНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ ТЕМПЕРАТУРЫ

Баязитов Хайдар Маратович[1], Малёв Николай Анатольевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]67bayaz@gmail.com, [2]maleeev@mail.ru

Смысл данной работы состоит в том, что датчик температуры применяется абсолютно в любой области будь то измерение комнатной температуры, в двигателях и судовом оборудовании в морском секторе, в системах воздушного и водяного охлаждения, в системах смазки, в системах вывода выхлопных газов, в мобильных и стационарных гидравлических системах, в рефрижераторных системах, в системах питания, в редукторах, в опорных (подшипниковых) системах. Благодаря системе беспроводной передачи данных можно создать цепь, которая позволит передавать полученные данные на большие расстояния без вреда для человека.

Ключевые слова: датчик, сигнализатор температуры, регулятор, многоканальная сигнализация.

MULTI-CHANNEL TEMPERATURE ALARM DEVICES

Bayazitov Khaidar Maratovich[1], Malev Nikolai Anatolievich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]167bayaz@gmail.com, [2]maleeev@mail.ru

The meaning of this work is that the temperature sensor is used in absolutely any area, whether it is the measurement of room temperature, in engines and ship equipment in the marine sector, in air and water cooling systems, in lubrication systems, in exhaust gas systems, in mobile and stationary hydraulic systems, refrigeration systems, power supply systems, gearboxes, support (bearing) systems. Thanks to the wireless data transmission system, it is possible to create a circuit that will allow the received data to be transmitted over long distances without harm to humans.

Keywords: sensor, temperature alarm, controller, multi-channel alarm.

Функциональность человека в значительной степени зависит от условий, которые формируются в помещении, где он находится. В первую очередь она зависит от температуры и влажности воздуха. С целью их контролирования, а также создания систем обеспечения условий труда и отдыха используются разнообразные датчики температуры и влажности. Кроме того, в отстутствии системы регулирования температуры многие промышленные процессы непроизводительны, а в некоторых случаях просто невозможны. В промышленности тепловые сенсоры позволяют контролировать степень нагрева печей, воздуха в рабочей области,

состояние трущихся поверхностей. Регуляторы используются везде: химические цеха энергетических и нефтегазовых объектов, легкая промышленность и т. п. [1].

Устройство многоканальной сигнализации температуры – это прибор, который работает в паре с термопреобразователями сопротивления, подсоединёнными по четырехпроводной линии связи [2].

Данный прибор предназначен:

− для измерения и сигнализации состояния температуры объекта, обрыва и короткого замыкания термопреобразователя сопротивления (ТС);

− для циклического преобразования активного сопротивления ТС в постоянный ток.

Устройство может быть использовано в металлургической, энергетической, газодобывающей и других отраслях промышленности для циклического контроля температуры подшипников воздуходувок, турбогенераторов, компрессоров, шаровых мельниц, прокатных станов и т. п.

Преимущества устройства:

– многофункциональность: измерение, сигнализация, преобразование;

– отображение на световом табло: измеряемой температуры, номера контролируемого термопреобразователя;

– светодиодная индикация: короткого замыкания, обрыва термопреобразователя;

– легкость эксплуатации;

– автоматическое или ручное переключение номера канала;

– выдерживает короткое замыкание и обрыв линии связи с датчиком в течение 15 минут.

Недостатком же является:

– низкое быстродействие;

– сложность конструкции [3].

Контроль температуры повсеместно задействуется в технологических процессах, позволяя выбирать подходящий режим работы или отслеживать изменения состояния материала. В ходе развития и совершенствования технологий датчик температуры, как измерительное приспособление, претерпел множественные изменения и модернизации. Благодаря чему сегодня они представлены в большом разнообразии [4]. Для того чтобы исследуемое устройство в полной мере справлялось с поставленной задачей, необходимо опытным путем выбрать компоненты, которые должны соответствовать условиям исследования. Температура объекта или

технологического процесса может измеряться несколькими наиболее популярными датчиками температуры (полупроводниковые терморезисторы, терморезистор, термопары).

Полупроводниковые терморезисторы. Сопротивление полупроводниковых терморезисторов (термисторов) резко уменьшается с ростом температуры. Их чувствительность значительно выше, чем металлических, поскольку температурный коэффициент сопротивления термисторов примерно на порядок больше, чем у металлических. Если для металлов $\alpha = (4…6)\cdot10^{-3}$ 1/°C, то для полупроводниковых терморезисторов $\alpha > 4\cdot10^{-2}$ 1/°C. Правда, для термисторов этот коэффициент непостоянен, он зависит от температуры и им редко пользуются при практических расчетах. Электрическое сопротивление термистора при окружающей температуре +20 °C для термисторов типов ММТ-1, ММТ-4, ММТ-5 может составлять 1...200 кОм, а для типов КМТ-1, КМТ-4 – от 20 до 1000 кОм. Верхний диапазон измеряемых температур для типа ММТ – 120 °C, а для типов КМТ – 180 °C. Ток, проходящий через термистор, настолько мал, что не вызывает дополнительного разогрева термистора [5].

Терморезисторы. При увеличении температуры терморезистора его электрическое сопротивление увеличивается линейно. При использовании терморезисторов в качестве датчиков температура терморезистора практически определяется только температурой окружающей среды. Ток, проходящий через терморезистор, очень мал и практически не нагревает его. Большинство термирезисторов – керамические полупроводники, изготовленные из гранулированных оксидов и нитридов металлов путем формирования сложной многофазной структуры с последующим спеканием (синтерация) на воздухе при 1100...1300 °C. Сложные двойные и тройные структуры оксидов переходных металлов, такие как (AB)3O4, (ABC)3O4 лежат в основе термисторов. Распространенной формулой является (Ni0.2Mn0.8)3O4. Наиболее стабильными термисторами при температурах ниже 250 °C являются термисторы на основе смешанных оксидов мания и никеля или магния, никеля и кобальта, имеющие отрицательный ТКС. Наибольшее распространение получили терморезисторы типов ТСП (платиновые) и ТСМ (медные). Диапазон измерения температур ТСП – от –200 до +750 °C, а ТСМ – от –50 до +150°C.

Термопары. Наиболее точные термопары – с термоэлектродами из благородных металлов: платинородий-платиновые ПП (тип S (Pt-10%Rh / Pt) (тип R (Pt13%Rh / Pt), платинородий-платинородиевые ПР (тип B (Pt-30%Rh / Pt6%Rh)). Преимуществом является значительно

меньшая термоэлектрическая неоднородность, чем у термопар из неблагородных металлов, устойчивость к окислению, вследствие чего высокая стабильность. Преимуществом термопары типа ПР также является практически нулевой выходной сигнал при температурах вплоть до 50 °С, таким образом устраняется необходимость термостатирования холодных спаев. Недостатком является высокая стоимость и малая чувствительность (около 10 мкВ/К при 1000 °С). Хотя платинородиевые термопары превосходят по точности и стабильности термопары из неблагородных металлов и сплавов, минимальная расширенная неопределенность результата измерения температуры в диапазоне до 1100 °С составляет 0,2...0,3 °С. Причины нестабильности термопар связаны с загрязнением, окислением и испарением материалов термоэлектродов. При температурах 500...900 °С формируется стабильный окисел родия. Недостаток родия изменяет состав платино-родиевого термоэлектрода, что приводит к изменению зависимости ЭДС от температуры и к возникновению термоэлектрических неоднородностей [6].

Источники

1. «Многоканальная система регулирования температуры» [Электронный ресурс]. URL: https://www.sinref.ru/razdel/01400fizika/17/310460.htm (дата обращения: 28.10.2022).
2. «Устройство многоканальной сигнализации» [Электронный ресурс]. URL: http://mysagni.ru/fea/ait/2259-kursovaya-rabota-po-psu-ustroystvo-mnogokanalnoy-signalizacii-ums.html (дата обращения: 29.10.2022).
3. «Сигнализатор температуры» [Электронный ресурс]. URL: http://теплоприбор.рф/catalog/ustrojstvo-mnogokanalnoj-signalizatsii-ums3-ums4/ (дата обращения: 29.10.2022).
4. Коротун В. Датчики температуры. Типы, устройство, принцип работы. Схемы подключения [Электронный ресурс]. URL: https://www.asutpp.ru/datchiki-temperatury.html (дата обращения: 02.11.2022).
5. «Температурные датчики» [Электронный ресурс]. URL: https://works.doklad.ru/view/5KzIX9BstV4.html (дата обращения: 03.11.2022).
6. «Обзор датчиков температуры» [Электронный ресурс]. URL: https://moodle.kstu.ru/pluginfile.php/440238/mod_resource/content/1/Лекция%207%20ИП%20неэл.велич.%20Датчики%20температуры.pdf (дата обращения: 05.11.2022).

УДК 681.5: 004.42

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИБОРНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ СУШИЛЬНОЙ КАМЕРЫ С РЕЛЕЙНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Баязитов Хайдар Маратович, Малёв Николай Анатольевич,
Сулейменов Сержан Нурланович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
maleeev@mail.ru

В работе рассматриваются особенности функционирования системы автоматического регулирования температуры сушильной камеры с электроприводом заслонки, управляемым трехпозиционным реле. Показаны функциональная и структурная схемы системы регулирования с математическим описанием ее элементов. В результате исследования нелинейной системы регулирования получены графики переходных процессов и фазовая траектория выходных координат системы.

Ключевые слова: температура, приборный электропривод, нелинейная система, релейное управление.

STUDY INSTRUMENT ELECTRIC DRIVE OF THE TEMPERATURE CONTROL SYSTEM OF THE DRYING CHAMBER WITH RELAY CONTROL

Bayazitov Khaidar Maratovich, Malev Nikolay Anatolievich,
Suleimenov Serzhan Nurlanovich
Kazan State Power Engineering University, Kazan
maleeev@mail.ru

The paper considers the features of the functioning system for automatic temperature control of the drying chamber with a damper electric drive controlled by a three-position relay. The functional and structural diagrams of the control system with a mathematical description of its elements are shown. As a result of the study of the nonlinear control system, the graphs of transient processes and the phase trajectory of the output coordinates of the system were obtained.

Keywords: temperature, instrumental electric drive, nonlinear system, relay control.

На рис. 1 показана функциональная схема системы автоматического регулирования температуры сушильной камеры с чувствительным элементом (ЧЭ) в виде измерительного моста с термометром сопротивления [1]. Рабочим органом (РО) объекта регулирования (ОР) является заслонка, поворачиваемая через редуктор Р двигателем Д в целях формирования

требуемого значения температуры за счет изменения соотношения между количеством холодного воздуха и горячего газа. Управление осуществляется трехпозиционным поляризованным реле ПР, отвечающем за направление вращения двигателя Д. Если ток в управляющей обмотке *W*1 отсутствует, то якорь реле находится в нейтральном положении и контакты ПР разомкнуты. Протекание тока в обмотке управления вызывает появление момента и якорь реле перемещается влево или вправо, в зависимости от тренда изменений температуры и направления тока.

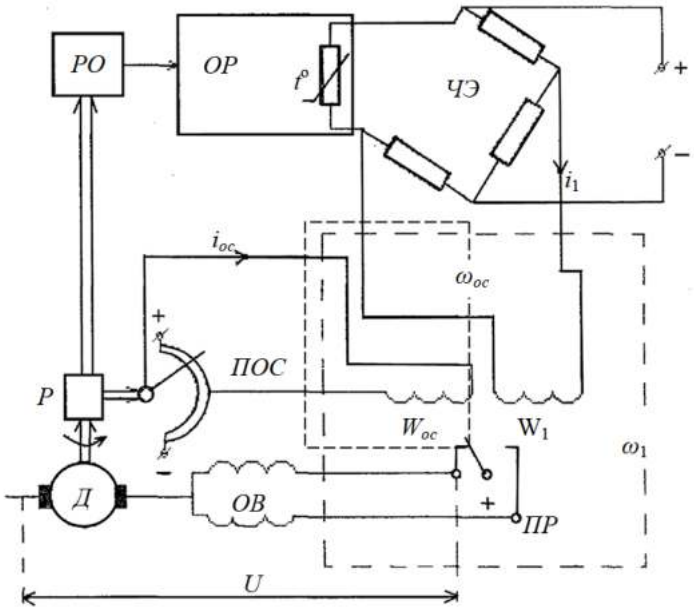


Рис. 1. Функциональная схема нелинейной системы регулирования температуры

Характеристика нелинейного элемента системы регулирования показана на рис. 2.

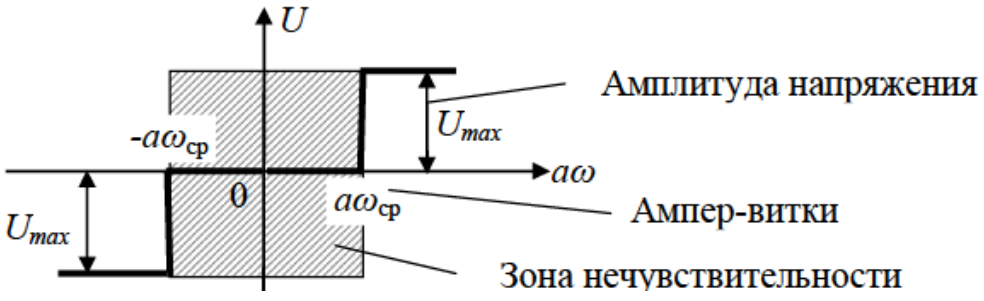


Рис. 2. Статическая характеристика реле ПР

Уравнение реле $U = F(aw), aw = aw_1 - aw_{ос}$ и статическая характеристика описывается выражением:

$$U = \begin{cases} U_{\max}, \text{ при } aw \geq aw_{\text{ср}}; \\ 0, \text{ при } -aw_{\text{ср}} < aw < aw_{\text{ср}}; . \\ -U_{\max}, \text{ при } aw \leq -aw_{\text{ср}}. \end{cases}$$

На основе представленной на рис. 1 функциональной схемы нелинейной системы регулирования сформирована Simulink-модель, показанная на рис. 2.

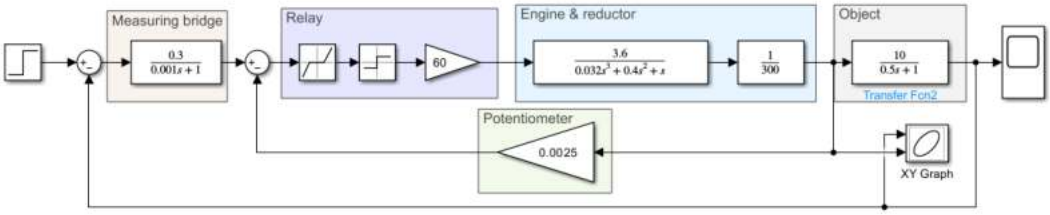


Рис. 2. Simulink-модель системы регулирования температуры сушильной камеры

Результаты моделирования показаны на рис. 3 и 4.

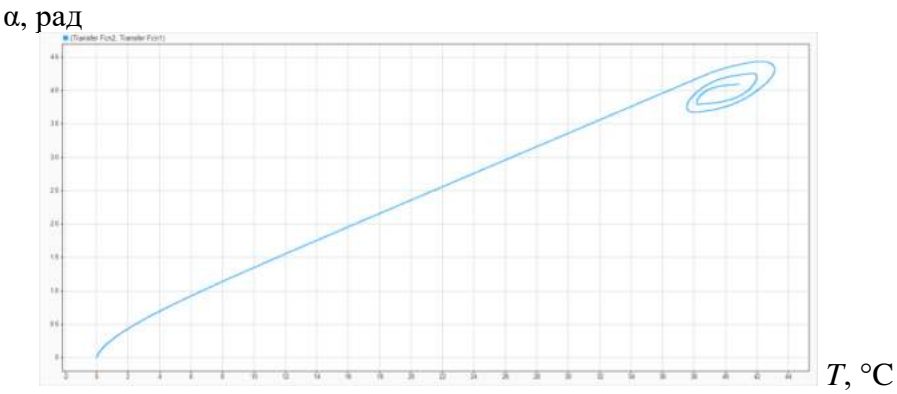


Рис. 3. Фазовая траектория системы регулирования температуры

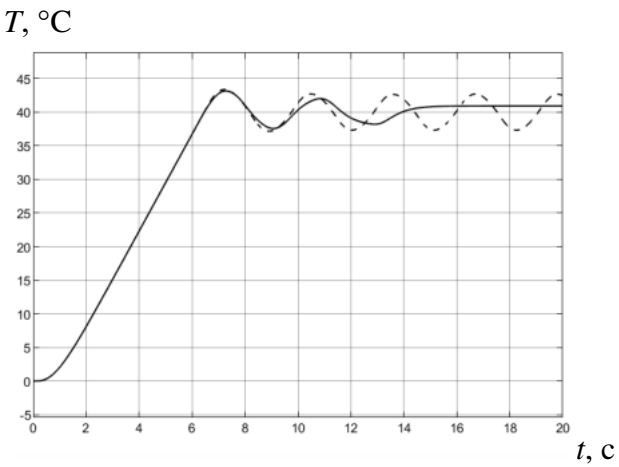


Рис. 4. Графики изменения температуры

Из анализа фазовой траектории видно, что переходный процесс в нелинейной системе устойчив, однако характеризуется погрешностью установления регулируемой температуры. Включение пропорционального регулятора в целях снижения погрешности приводит к возникновению режима автоколебаний (штриховая линия на рис. 4), что является неприемлемым для исследуемой системы [2, 3]. В дальнейшем предлагается реализовать алгоритм регулирования температуры в сушильной камере с применением электрического управляемого преобразователя с соответствующим цифровым корректирующим устройством.

Источники

1. Автоматическое управление электротермическими установками: учеб. для вузов / А.М. Кручинин [и др.]; под ред. А.М. Свенчанского. М.: Энергоатомиздат, 1990. 416 с.

2. Quantifying the effect of urbanization on U.S. Historical Climatology Network temperature records / Z. Hausfather [et al.] // Journal of Geophysical Research: Atmospheres. 2013. Vol. 118, Iss. 2. Pp. 481–494.

3. Малёв Н.А., Погодицкий О.В. Исследование и синтез модального регулятора двухмассовой электромеханической системы механизма подъёма крана // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2018. № 20 (7-8). С. 99–106.

УДК 621-313.3

ОСНОВНЫЕ СООТНОШЕНИЯ ДЛЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МОСТОВ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Булатов Михаил Михайлович[1], Малев Николай Анатольевич[2],
Искаков Арман Жанарбекович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]bulatovmisha@mail.ru, [2]maleeev@mail.ru

В статье представлена электрическая схема или устройство для измерения электрического сопротивления. Описывается способ балансировки измерительного моста, его схема.

Ключевые слова: Измерительный мост, мост переменного тока, одинарный мост, условия равновесия, уравновешивающие элементы.

BASIC RELATIONSHIPS FOR AC METERING BRIDGES

Bulatov Mikhail Mikhailovich,[1] Malev Nikolay Anatolievich[2],
Iskakov Arman Zhanarbekovich
Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]bulatovmisha@mail.ru, [2]maleeev@mail.ru

The article presents an electrical circuit or device for measuring electrical resistance.

Keywords: measuring bridge, AC bridge, single bridge, equilibrium conditions, balancing elements. About the quick way to balance the measuring bridge, its scheme.

Мост переменного тока используются для измерения (индуктивности, емкости, частоты) или преобразования сложных сопротивлений в электрический сигнал, вместе с тем применяются в качестве фильтров.

На рис. 1 указана одинарная мостовая схема переменного тока (мост Уитстона).

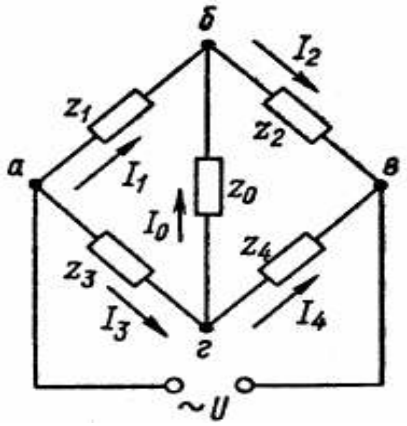


Рис. 1. Одинарная мостовая схема

Плечи моста *а-б*, *б-в*, *а-г*, *г-в* содержат в общем случае комплексные сопротивления $Z_1 ... Z_4$. Диагональ *б-г*, называемая выходом, включает нагрузку (в частном случае прибор – нулевой индикатор) с сопротивлением Z_0 [1, с. 146–153].

Зависимость тока I_0 в нагрузке от параметров моста и напряжения питания U можно найти, например, с помощью законов Кирхгофа:

$$I_0 = U \cdot \frac{Z_1 Z_4 - Z_2 Z_3}{Z_0(Z_1 + Z_2)(Z_3 + Z_4) + Z_1 Z_2 (Z_3 + Z_4) + Z_3 Z_4 (Z_1 + Z_2)}. \qquad (1)$$

Равновесие моста имеет место при таком подборе параметров плеч, чтобы ток в диагонали моста $I_0 = 0$, а значит, при

$$Z_1 Z_4 = Z_2 Z_3. \qquad (2)$$

В развернутой форме выражения полных сопротивлений плеч имеют вид:

$$Z_1 = R_1 + jX_1; \quad Z_2 = R_2 + jX_2; \quad Z_3 = R_3 + jX_3; \quad Z_4 = R_4 + jX_4. \qquad (3)$$

Подставив значения Z_1–Z_4 в выражение для равновесия моста, получим равенства для мнимых и вещественных членов [2, с. 63–76]:

$$\begin{aligned} R_1 R_4 - X_1 X_4 &= R_2 R_3 - X_2 X_3; \\ R_1 X_4 - R_4 X_1 &= R_2 X_3 - R_3 X_2. \end{aligned} \qquad (4)$$

Наличие двух уравнений равновесия означает необходимость регулировки не менее двух параметров моста переменного тока для достижения равновесия. Для мостов переменного тока имеет значение сходимость моста. Под мостовой сходимостью понимается возможность достижения равновесного состояния за определенное число последовательных переходов от настройки одного параметра к настройке другого [3, с. 150].

Условия равновесия моста можно выразить иначе. Учитывая, что

$$Z_1 = z_1 e^{j\varphi_1}; \quad Z_2 = z_2 e^{j\varphi_2}; \quad Z_3 = z_3 e^{j\varphi_3}; \quad Z_4 = z_4 e^{j\varphi_4}, \qquad (5)$$

где $z_1 ... z_4$ – модули полных сопротивлений плеч; $\varphi_1 ... \varphi_4$ – углы фазового сдвига тока относительно напряжения в соответствующих плечах [4, с.101].

Условие равновесия можно представить так:

$$z_1 z_4 e^{(\varphi_1+\varphi_4)} = z_2 z_3 e^{(\varphi_2+\varphi_3)}. \quad (6)$$

Из выражения (6) следует, что

$$z_1 z_4 = z_2 z_3; \quad \varphi_1 + \varphi_4 = \varphi_2 + \varphi_3. \quad (7)$$

Если противоположные плечи имеют чисто активные сопротивления, то одно из двух других должно быть индуктивным, а второе – емкостным, т. е. производится уравновешивание как действительной, так и мнимой частей тока в диагонали моста [5, с. 1–8].

Другими словами, в мостах переменного тока заданное значение выражается комплексным числом, поэтому в этом случае необходимы два балансирующих элемента – соответственно для модуля и аргумента, или активной и реактивной составляющих измеряемого сопротивления. Различают мосты, которые могут быть уравновешены совсем иначе.

Источники

1. Евдокимов Ю.К., Мохаммед Х.С., Храмов Л.Д. Математическая модель и измерительный алгоритм непрерывно распределенного полупроводникового датчика профиля температуры в неизотермических потоках // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2019. Т. 21, № 1-2. С. 146–153.

2. Брякин И.В., Бочкарев И.В. Датчик виброперемещений для систем мониторинга состояния конструктивных элементов высоковольтных линий электропередач. 2022. Т. 24, № 4. С. 63–76.

3. Метрология и электрические измерения: учеб. пособие / Е.Д. Шабалдин [и др.]. Екатеринбург: Издательство РГППУ, 2006. 281 с.

4. Метрология и электрические измерения: учеб. пособие / Е.Д. Шабалдин [и др.]; под ред. Е.Д. Шабалдина. 2-е изд., перераб. и доп. Екатеринбург: Издательство РГППУ, 2013. 320 с.

5. Цифровой измерительный неуравновешенный мост: а. с. 789767 СССР № 2700527/18-21; заявл. 25.12.78; опубл. 23.12.80, Бюл. № 47.

УДК 535.8

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ЛЕТУЧИХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ СРЕД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА РЕФРАКЦИИ

Вакорина Дарья Владимировна[1], Давыдов Вадим Владимирович[2],
Степаненков Григорий Викторович[3], Резников Богдан Константинович[4]
[1,3,4]ФГБОУ ВО «СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича»,
[2]ФГБОУ ВО «СПбПУ Петра Великого»,
г. Санкт-Петербург
[1]vakorina.darya1511@gmail.com, [2]davydov_vadim66@mail.ru,
[3]261199g@gmail.com, [4]rznkff@gmail.com

Рассмотрены вопросы экспресс-контроля углеводородных сред с помощью рефрактометров с искусственным источником света. Разработана новая методика для определения состояния летучих сред. Отмечены преимущества работы малогабаритных пассивных рефрактометров с конденсированными средами. Установлены особенности измерения показателя преломления конденсированных сред. Представлены результаты исследований различных летучих сред и их анализ. Результаты измерения показателя преломления сравниваются с данными, полученными с помощью других приборов.

Ключевые слова: рефракция, показатель преломления, углеводороды, полное внутренне отражение, конденсированная среда, границасвет-тень, видимый свет.

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR CONTROLLING THE CONDITION OF VOLATILE HYDROCARBON MEDIA USING THE REFRACTION METHOD

VakorinaDaryaVladimirovna[1], DavydovVadimVladimirivich[2],
Stepanenkov GrigoriyViktorovich[3], Reznikov Bogdan Kostantinovich[4]
[1,3,4]The Bonch-Bruevich Saint Petersburg State University of Telecommunications,
[2]Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
Saint Petersburg

The problems of express control of hydrocarbon media using refractometers with an artificial light source are considered. A new technique for determining the state of volatile media has been developed. The advantages of small-size passive refractometers with condensed media are noted. The peculiarities of measuring the refractive index of condensed media are established. The results of studies of various volatile media and their analysis are presented. The results of refractive index measurements are compared with data obtained with other instruments.

Keywords: refraction, refractive index, hydrocarbons, total internal reflection, condensed medium, light-shade boundary, visible light.

В мире с каждым годом возрастает потребность в экспресс-контроль состояния конденсированных сред, который востребован во многих сферах [1–5]. Наибольшие сложности возникают при исследовании состояния жидких сред, так как используемые методы не должны вносить необратимых изменений в исследуемую среду. Таким требованиям удовлетворяют только два метода, принцип работы которых основан на явлении ядерного магнитного резонанса (ЯМР) и рефракции [1, 3, 5]. На рис. 1 представлена структурная схема рефрактометра и ход оптических лучей в нем.

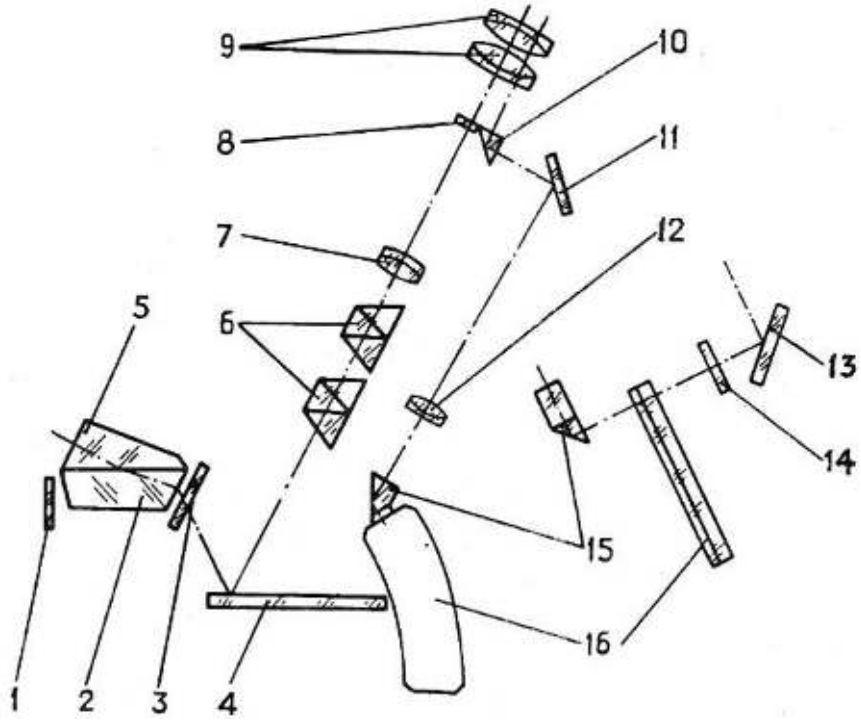


Рис. 1. Схема оптическая рефрактометра ИРФ-454 Б2М: *1*, *4*, *13* – зеркала; *2* – призма измерительная; *3* – стекло защитное; *5* – призма осветительная; *6* – компенсатор; *7* – линза склеенная; *8* – сетка; *9* – окуляр; *10* – призма АР-90°; *11* – зеркало; *12* – объектив; *14* – светофильтр; *15* – призма; *16* – шкала

Для практической реализации разработанной нами методики была модернизирована базовая конструкция рефрактометра модели ИРФ. В конструкции было реализована возможность размещения жидкой среды в герметичном объеме, который располагается между двумя призмами. Также был реализован контроль поступления видимого света надве призмы (возможность измерять показатель преломления среды с использованиемверхней или нижней призмы). На рис. 2 в качестве примера представлены результаты измерения смеси бензинов с помощью верхней и нижней призмы.

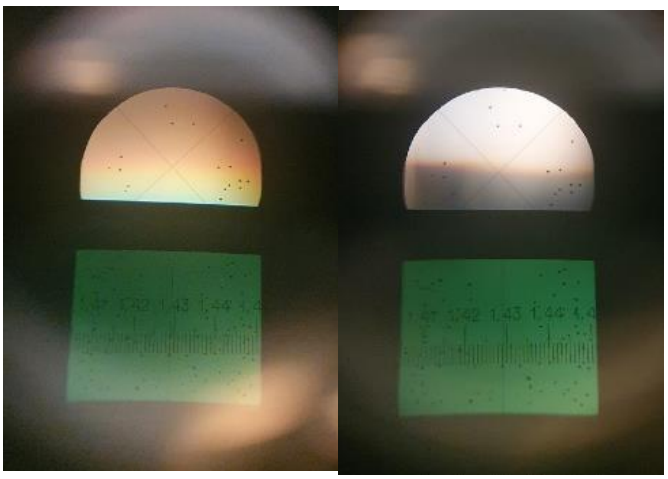


Рис. 2. Светотеневая граница и шкала рефрактометра смеси бензинов:
Аи-92 (30%), Аи-95 (70%)

Анализ данных показывает, что в бензине Аи-95 есть примесь одного из углеводородов (очень близкая к нему по химическому составу и физическим свойствам). Это определяется по наличию на границе «свет – тень» переходящей составляющей видимой части спектра.

Проведенные измерения показали надежность работы прибора. Погрешность измерения n_m составляет не более 1,5 % .

Источники

1. MuMeeten G.H., North A.N. Refractive index measurement of absorbingand turbid fluids by reflection near the critical angle // MeasurementScience and Technology. 1995. Vol. 6, Iss. 2. Pp. 214–221.
2. Monitoring of oxygen supply of human tissues using a noninvasive optical system based on a multichannel integrated spectrum analyzer / M.S. Mazing [et al.] // International Journal of Pharmaceutical Research. 2020. Vol. 12. Pp. 1974–1978.
3. Козелков О.В., Сафиуллин Б.Р., Кашаев Р.С. Возможности использования проточного ЯМР-анализатора для дистанционного управления скважиной с УЭНЦ // Химическая технология. 2021. Т. 22, № 2. С. 89–96.
4. Киен Н.Т., Кашаев Р.С. Стенд ПМР-анализатора для измерения вязкости и состава многокомпонентных жидкостей методом ЯМР-релаксометрии // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22, № 2. С. 108–116.
5. Экспресс-метод и аппаратура протонного магнитного резонанса для измерения плотности и молекулярной массы нефти / Р.С. Кашаев [и др.] // Журнал прикладной спектроскопии. 2019. Т. 86, № 2. С. 277–282.

УДК 681.2

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА АНАЛИЗА НЕФТИ НА БАЗЕ РЕЛАКСОМЕТРА ПМР-NP2 И ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА «KUKAKR 3 R540»

Васильев Никита Сергеевич[1], Кашаев Рустем Султанхамитович[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]nikita_vasilev00@list.ru, [2]79047158012@yandex.ru

В статье рассмотрен способ автоматизации процесса анализа нефти в релаксометре «ПМР-NP2» с помощью добавления в измерительную систему промышленного робота «Kukakr 3 r540».

Ключевые слова: автоматизация, релаксометр, промышленный робот, программирование, kuka.

AUTOMATION OF OIL ANALISYS PROCESS BASED ON “PMR-NP2” RELAXOMETER AND “KUKAKR 3 R540” INDUSTRIAL ROBOT

Vasilev Nikita Sergeevich[1], Kashaev Rustem Sultanhamitovich[2]
Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]nikita_vasilev00@list.ru, [2]79047158012@yandex.ru

The article considers a method for automating the oil analysis process in the “PMR-NP2” relaxometer by adding an industrial robot “KUKA KR 3 R540” to the measuring system.

Keywords: layout.automation, relaxometer, industrial robot, programming, kuka.

Цель автоматизации процесса – увеличить общую скорость анализа большого количества материалов и уменьшить ошибку оператора.

Релаксометр «ПМР-NP2» – прибор для определения: воды, вязкости и плотности, концентраций серы, асфальтенов и парафина в топливе, мазуте и нефти, загрязненности сточных и отработанных вод солями тяжелых металлов и нефтью.

Промышленный робот «KUKAKR3 R540» (см. рисунок) является роботом с номинальной грузоподъемностью до 2 кг. Данная модель робота является универсальной, то есть подходит для различных задач, например, монтаж деталей, упаковка, крепление деталей. Данный робот может быть установлен на пол, на потолок, на стену. Максимальный рабочий радиус

равен операций робота – 541 мм. Способен оперировать в ограниченных пространствах, подходит для применения в лабораторных условиях, почти не нуждается в обслуживании и обладает высокой точностью.

Внешний вид робота

Перед началом работы оператор помещает материал анализа в пробирку и устанавливает её в датчик релаксометра. После измерения и получения результата пробирку необходимо изъять. При небольшом количестве измерений не возникает проблем со скоростью процесса, но при увеличении числа анализов возникает необходимость в автоматизации процесса измерения.

Для автоматизации процесса может быть использован промышленный робот, например, KUKAKR3 R540, для которого следует подготовить сценарий работы, по которому будут исполняться функции установки/изъятия пробирки из релаксометра, подготовки жидкости к анализу, например, вращательными движениями производить перемешивание содержимого пробирки.

Данная система может быть установлена в лаборатории предприятий нефтепромышленности.

Источники

1. Экспресс-методы протонной магнитной резонансной релаксометрии для определения вязкости и концентрации асфальтенов в нефтях / Р.С. Кашаев // Журнал прикладной спектроскопии. 2019. № 86 (5). С. 807–812.

2. Клокотов И.Ю. Автоматизация технологических процессов [Электронный ресурс] // Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». 2019. № 4-1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizatsiya-tehnologicheskih-protsessov (дата обращения: 05.11.2022).

3. Артеева Т.Е., Земенков Ю.Д. Роботизация как субъект совершенствования технологических процессов на объектах нефтегазовой отрасли // Инновации и инвестиции. 2018. № 5. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/robotizatsiya-kak-subekt-sovershenstvovaniya-tehnologicheskih-protsessov-na-obektah-neftegazovoy-otrasli (дата обращения: 05.11.2022).

4. Компания KUKARoboter [Электронный ресурс]: сайт. URL: https://new.abb.com/products/robotics/ru. (дата обращения: 01.11.2022).

5. «Runtime программирование промышленного робота на RCML» [Электронный ресурс]. URL: https://habr.com/ru/post/283226 (дата обращения: 02.11.2022).

УДК 621.8.02

РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПЛАСТИКОВЫХ БУТЫЛОК

Виноградов Герман Николаевич
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
gp7771gp@gmail.com

В статье рассматривается разработка установки для переработки пластиковых бутылок. В принципе установки использован нестандартный метод переработки. Рассказывается о принципе работы установки. Описываются использованные компоненты в узлах установки. Раскрываются настройки необходимые для функционирования установки.

Ключевые слова: 3D-принтер, пластиковые бутылки, переработка, лента, нить, установка.

DEVELOPMENT OF A MACHINE FOR RECYCLING PLASTIC BOTTLES

Vinogradov German Nikolaevich
Kazan State Power Engineering University, Kazan
gp7771gp@gmail.com

The article discusses the development of a plastic bottle recycling plant. In principle, the installation uses a non-standard processing method. The article describes the principle of operation of the installation. The components used in the installation nodes are described. The settings necessary for the installation to work are disclosed.

Keywords: 3D printer, plastic bottles, recycling, tape, thread, machine.

На данный момент пластик для 3D-принтера производиться исключительно из первичного сырья. Его получают путём преобразования полимерных гранул в экструдерах в нить, которую наматывают на катушки. Производством материала для 3D-принтера из вторичного сырья почти никто не занимается. Я рассмотрел необходимое оборудование для производства нити для 3D-принтера из вторичного сырья. Чтобы получить материал необходимо такое оборудование как измельчитель, гранулятор, сушилка для полимеров, экструдер. Всё это оборудование стоит больших денег и не рентабельно для личного пользования. Я разработал установку, позволяющую перерабатывать пластиковые бутылки в материал для 3D-принтеров, не используя такие операции как измельчение, переплавка. В качестве материала для переработки выбрал пластиковые бутылки, так как они универсальны и похожи друг на друга.

Устройство состоит из специального ножа для нарезки пластиковой бутылки на ленту, нагревательного элемента для преобразования ленты в подобие трубки, механизма намотки получаемого материала на катушку. Нож состоит из напечатанного на 3D-принтере корпуса в который устанавливается лезвие ножа. Получаемая лента после ножа имеет ширину 9 мм. Нагревательный элемент состоит из керамического нагревателя от 3D-принтера на 40 Вт, алюминиевого куба в котором проделано конусное отверстие с выходом 2 мм. Нагревательный элемент поддерживает температуру 220 градусов. Механизм намотки изготовлен на 3D-принтере, имеет шаговый двигатель. Станок приводиться в движение благодаря вращению шагового двигателя. Он вращает катушку, на которую наматывается нить, следом нить тянет ленту через нагревательный элемент, а лента протягивает бутылку через нож. Станок получился автоматизированным, он требует только начального запуска. В результате его работы получаем нить для 3D-принтера диаметром 2 мм, которую можно использовать в 3D-печати.

Источники

1. Ключев В.И., Терехов В.М. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов: учеб. М.: Энергоиздат, 1980. 360 с.
2. «Филамент для 3D-печати из ПЭТ бутылок» [Электронный ресурс]. URL: https://www.youtube.com/watch?v=z3wqyffIosw&t=310s (дата обращения: 17.11.2022).
3. «Станок для изготовления прутка из пластиковых ПЭТ бутылок для 3D принтера» [Электронный ресурс]. URL: https://www.youtube.com/watch?v=nLE42KO8fO4 (дата обращения: 17.11.2022).

УДК 65.011.56

ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС КОНТРОЛЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУХА НА АСФАЛЬТОБЕТОННОМ ЗАВОДЕ

Галиуллина Эльмира Рамилевна[1], Козелков Олег Владимирович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]akuma.gammy@mail.ru

В статье предложен программно-аппаратный комплекс для усиления контроля состояния воздуха на асфальтобетонном заводе.

Ключевые слова: приборы, датчики, экология, асфальтобетонная промышленность, загрязнение воздуха, информационная система.

SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX FOR AIR POLLUTION CONTROL AT AN ASPHALT CONCRETE PLANT

Galiullina Elmira Ramilevna[1], Kozelkov Oleg Vladimirovich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]akuma.gammy@mail.ru

The article proposes a software and hardware complex to enhance air condition monitoring at an asphalt concrete plant.

Keywords: instrumentation, sensors, ecology, asphalt industry, air pollution, information system.

Загрязнение воздуха является глобальной проблемой XXI века, и одной из главных причин ухудшения экологии и здоровья людей являются опасные выбросы на больших производствах, например, на асфальтобетонных заводах [1, с. 895]. Даже наличие современных фильтров для очистки воздуха не гарантируют безопасность производства, так как ситуации с нарушением герметичности газоотводов, износом уплотнения и повреждением рукава фильтра долгое время остаются незамеченными или вовсе игнорируются, что ведет к недовольству местных жителей, штрафам и возникновению опасных условий труда [2, с. 87].

Одним из решений этих проблем является создание контрольно-измерительной системы датчиков, которая может предупредить об утечке газа, повреждении фильтра до того, как это приведет к полной неисправности фильтровальной установки [3, с. 45].

В качестве примера можно привести следующую систему:

1) датчики разрыва рукавного фильтра Innolevel FS700E (Россия, корпус из нержавеющей стали, работа в температурных условиях до +290 °С, возможность подключения к ПЛК для версии с аналоговым выходом 4–20 мА, давление процесса до 6 Бар, класс защиты IP67);

2) детекторы токсичных и вредных газов MIC100 (Китай, непрерывное действие, взрывозащищенность, стационарный, распознавание всех необходимых типов газа);

3) детектор углекислого газа ZWIN-GasGuard06 (Китай, непрерывное действие, взрывозащищенность, стационарный);

4) программный продукт для ПК, объединяющий все датчики в одну систему, позволяющий легко отслеживать ситуацию на производстве (операционная система Windows, управление через интерфейс, используемые языки программирования: Python, MySQL, C).

Преимуществом этого решения является отсутствие необходимости проверки детекторов самостоятельно, так как при возникновении проблемы в одном из секторов производства система сама оповестит оператора, так как ее работа проходит в режиме реального времени, а датчики и детекторы расположены стационарно и не требуют участия человека [4, с. 54].

При внедрении этого решения не требуется переобучение сотрудников, так как за счет простоты интерфейса пользователя у оператора не возникнет трудностей с адаптацией к новому оборудованию.

Данная система выгодна тем, что она окупается за счет минимизации штрафов за нарушение санитарных норм. Это также повлияет на репутацию компании и на ее место на мировом рынке [5, с. 67].

Источники

1. Фролов А.М., Елисеева Д.Ю., Симонов В.Л. Исследование проблемы загрязнения атмосферы и разработка системы мониторинга атмосферного воздуха // Аллея науки. 2019. № 4 (31). С. 890–901.

2. Саткоева А.М. Способы повышения долговечности дорожных щебеночно-мастичных асфальтобетонов комплексной модификацией структуры щебеночно-мастичных асфальтобетонов // Вестник донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2022. № 1 (153). С. 85–90.

3. Носкова А.И., Токранова М.В. Обзор автоматизированных систем мониторинга // Интеллектуальные технологии в транспорте. 2017. № 1 (9). С. 42–47.

4. Осмонова Б.Ж., Осмонова А.Ж. Исследование экологических свойств асфальтобетонных смесей, изготовленных из старых асфальтобетонных покрытий // Известия национальной академии наук кыргызской республики. 2016. № 2. С. 53–56.

5. Bauyrzhanova A.B. The main sources of air pollution and potential of dispersion of the atmosphere in the Temirtau city // Молодой ученый. 2020. № 46 (336). С. 66–68.

УДК 681.2:531.75:665.66.

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИБРАЦИОННО-ЧАСТОТНЫХ ДАТЧИКОВ ПЛОТНОСТИ В КАЧЕСТВЕ ИНДИКАТОРА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ЖИДКИХ СРЕД

Гусейнов Тургай Климович
Сумгаитский государственный университет, г. Сумгаит
huseynovturgay@mail.ru

В статье рассматривается возможность использования вибрационно-частотного датчика плотности жидкости в качестве индикатора загрязненности жидкости. Предлагается дополнительно ввести в структуру датчика цифро-аналоговый преобразователь. Перед эксплуатацией индикатора определяется частота соответствующая максимально допустимой загрязненности испытуемой жидкости. В процессе испытаний при снижении частоты ниже предельно допустимого значения подается соответствующий сигнал.

Ключевые слова: вибрационно-частотный, датчик, плотность, жидкость, индикатор, загрязненность.

ON THE POSSIBILITY OF USING VIBRATION-FREQUENCY DENSITY SENSORS AS A POLLUTION INDICATOR OF LIQUID MEDIA

Huseynov Turgay Klimovich
Sumgait State University, Sumgait
huseynovturgay@mail.ru

The article discusses the possibility of using a vibration-frequency liquid density sensor as an indicator of liquid contamination. It is proposed to additionally introduce a digital-to-analog converter into the sensor structure. Before using the indicator, the frequency corresponding to the maximum permissible contamination of the test liquid is determined. During the test, when the frequency drops below the maximum allowable value, an appropriate signal is given.

Keywords: vibration-frequency, sensor, density, liquid, indicator, pollution.

По изменению плотности жидких сред можно определять их различные свойства, одним из которых является степень загрязнения [1, 2]. По степени загрязнения жидких продуктов можно судить об их пригодности для дальнейшего их использования.

Принцип действия вибрационно-частотного датчика плотности основан на зависимости частоты автоколебаний резонатора в виде жестко закрепленной на концах трубки от массы, протекающей через нее жидкости. Так как объем трубки во время измерения остается неизменным, измеряемая частота автоколебаний характеризует величину массы в неизменном объеме, т. е. плотность жидкости [3, 4]:

$$f = f_0\sqrt{m_{\text{т}}\left(m_{\text{т}} + m_{\text{ж}}\right)}, \qquad (1)$$

где f_0 – частота колебаний пустого резонатора; $m_{\text{т}}$ и $m_{\text{ж}}$ – массы единицы длины трубки и жидкости:

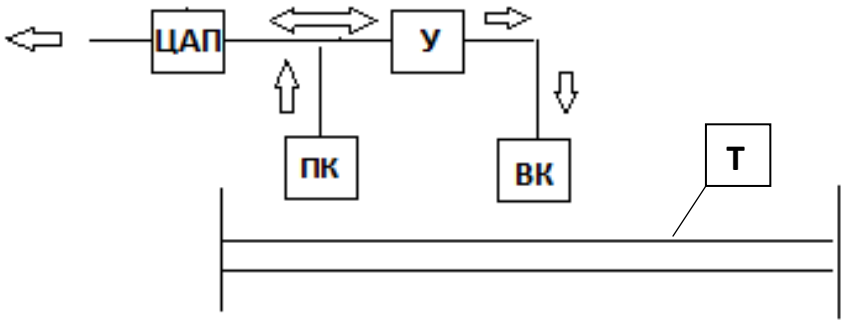
$$m_{\text{т}} = \frac{\pi}{4}\left(D^2 - d^2\right)\rho_{\text{т}}; \qquad m_{\text{т}} = \frac{\pi}{4}d^2\rho_{\text{ж}},$$

где d – внутренний диаметр трубки; D – внешний диаметр трубки; $\rho_{\text{т}}$ и $\rho_{\text{ж}}$ – соответственно плотности материала трубки и измеряемой жидкости.

Из (1) следует, что с увеличением плотности частота автоколебаний падает.

Допустим нам необходимо контролировать наличие механических примесей на одном из этапов очистки сточных вод. Для этого предварительно определяем частоту колебаний при предельно допустимой величине механических загрязнений. Теперь во время контроля при уменьшении частоты ниже допустимой величины подается соответствующий сигнал на исполнительный механизм.

С целью использования вибрационно-частотного датчика в качестве индикатора загрязнения в структурную схему необходимо ввести ЦАП (см. рисунок).



Структурная схема вибрационно-частотного индикатора:
Т – трубка; ВК – возбудитель колебаний; ПК – приемник колебаний;
У – усилитель; ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь

Данный подход может быть использован для создания вибрационно-частотных индикаторов других параметров жидкостей, связанных с их плотностью [5].

Источники

1. Мингалимова Р.Р. Смоленцева А.С., Сойко А.И. Квалиметрическая оценка способов определения плотности нефти и нефтепродуктов методом анализа иерархий // Управление качеством в образовании и промышленности: сб. ст. Всерос. науч.-практ. конф. Севастополь, 2018. С. 109–117

2. Попельнюк И.А. Влияние загрязнённости рабочих жидкостей гидравлических систем на их вязкость // Авиация и ракетно-космическая техника. 2016. № 1 (8). С. 16–22.

3. Билинский И. И., Огородник К.В., Яремишена Н.А. Анализ методов и средств измерения плотности нефтепродуктов // Наукові праці ВНТУ. 2016. № 2. С. 10–23.

4. Гусейнов Т.К., Амирасланов Б.К. Обобщенная математическая модель трубчатых резонаторов для вибрационно-частотных плотномеров жидких продуктов // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. 2009. № 4 (8). С. 11–14.

5. Приборы и методы контроля концентрации парафина в нефти / Р.С. Кашаев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19, № 3-4. С. 159–167.

УДК 53.082.78

ЯДЕРНО-МАГНИТНЫЙ РАСХОДОМЕР-РЕЛАКСОМЕТР ДЛЯ КОНТРОЛЯ РАСХОДА И СОСТАВА ГОРЮЧЕ-СМАЗОЧНЫХ СМЕСЕЙ С ВЫСОКОЙ ВЯЗКОСТЬЮ

Давыдов Вадим Владимирович[1], Проводин Даниил Сергеевич[2],
Давыдов Роман Вадимович[3], Дудкин Валентин Иванович[4],
Логунов Семен Эдуардович[5]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «СПбПУ Петра Великого»,
[3,4,5]ФГБОУ ВО «СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича»,
г. Санкт-Петербург
[1]davydov_vadim66@mail.ru, [2]provodindanya@gmail.ru, [3]romanvproze@gmail.com,
[4]vidoodkin@mail.ru, [5]sema-logunov@ya.ru

Рассмотрены проблемы, которые возникают при контроле процесса изготовления смазочных веществ и водно-жировых эмульсий с искусственным жиром на основе углеводородных соединений. Отмечено, что для контроля технологического процесса изготовления этих сред необходимо измерять их расход q и контролировать их состояние по различным параметрам, а также коэффициент вязкости η. Рассмотрены недостатки различных приборов для контроля q и состояние этих сред. Представлена конструкция ядерно-магнитного расходомера – релаксометра и методики измерения q и времен релаксации T_1 и T_2 для контроля состояния среды. Проведены измерения расхода q жидкости и времен релаксаций на резонансной частоте протонов в жидких средах.

Ключевые слова: вязкая жидкость, поток, углеводороды, расход, состояние среды, времена продольной T_1 и поперечной T_2 релаксации, погрешность измерения.

NUCLEAR MAGNETIC FLOWMETER FOR CONTROL EXPENDITURE AND COMPOSITION TO FUEL AND LUBRICANT MIXTURES WITH HIGH VISCOSITY

Davydov Vadim Vladimirivich[1], Provodin Daniil Sergeevich[2],
Davydov Roman Vadimpvich[3], Dudkin Valentin Ivanivich[4],
Logunov Semen Eduardovich[5]
[1,2,3]Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
[3,4,5]The Bonch-Bruevich Saint Petersburg State University of Telecommunications,
Saint Petersburg
[1]davydov_vadim66@mail.ru, [2]provodindanya@gmail.ru, [3]romanvproze@gmail.com,
[4]vidoodkin@mail.ru, [5]sema-logunov@ya.ru

The problems that arise during the control of the manufacturing process of lubricants and water-fat emulsions with artificial fat based on hydrocarbon compounds are considered. t is noted that in order to control the technological process of manufacturing these media,

it is necessary to measure their consumption q and control their state in various parameters, as well as the viscosity coefficient η. The shortcomings of various devices for monitoring q and the state of these media are considered. The design of a nuclear magnetic flowmeter-relaxometer and a technique for measuring q and relaxation times T_1 and T_2 for monitoring the state of the medium are presented. Measurements of liquid flow rate q and relaxation times at the resonant frequency of protons in liquid media have been carried out.

Keywords: viscous liquid, flow, hydrocarbons, flow rate, state of the medium, times of longitudinal T_1 and transverse T_2 relaxation, measurement error.

В настоящее время большое внимание уделяется разработке приборов, в которых измерения не вносят необратимых изменений исследуемую среду [1–3]. Наибольшие сложности возникают в случаях измерения расхода и контроля параметров в текущих средах с высокой вязкостью [3–5]. Одним из вариантов решения этих задач является использование приборов принцип работы которых основан на явлении ядерного магнитного резонанса (ЯМР) [3–5].

На рис. 1 представлена конструкция меточного ЯМР расходомера-релаксометра для решения отмеченных задач.

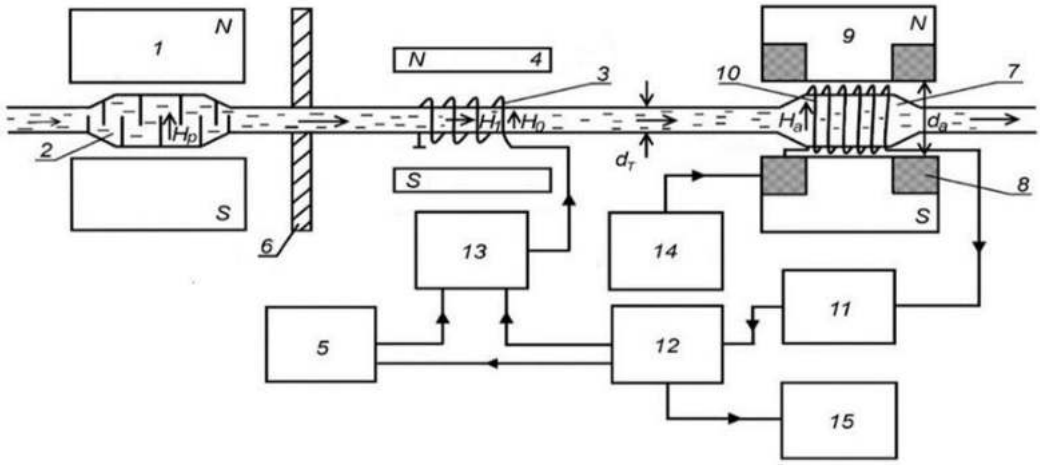


Рис. 1. Структурная схема лабораторного макета меточного ЯМР расходомера-релаксометра: *1* – магнит – поляризатор; *2* – сосуд-поляризатор; *3* – катушка нутации; *4* – постоянный магнит; *5* – генератор катушки нутации; *6* – магнитный экран; *7* – сосуд-анализатор; *8* – катушки модуляции поля магнита-анализатора; *9* – магнит-анализатор; *10* – катушка регистрации сигнала ЯМР; *11* – схема регистрации сигнала ЯМР; *12* – схема обработки и управления; *13* – электронные ключи; *14* – радиочастотный генератор; *15* – схема индикации

Текущая среда по трубопроводу поступает в сосуд-поляризатор *2*, расположенный в магнитной системе *1*, создающей сильное неоднородное магнитное поле B_p = 1,532 Тл с неоднородностью 0,02 см$^{-1}$ в зазоре между

полюсными наконечниками. Далее из сосуда-поляризатора *2* текущая среда по соединительному участку трубопровода d_T = 50 мм поступает в катушку нутации *3*. В ней под действием резонансного переменного радиополя H_1 происходит изменение ориентации вектора намагниченности ядерных моментов M_p относительно направления B_p – жидкость получает «отметку». Это изменение ориентации вектора M_p после прохождения жидкостью измерительного участка трубопровода фиксируется катушкой регистрации сигнала ЯМР *10*, расположенной в поле B_a магнита-анализатора *9* (B_a = 0,453 Тл, неоднородность 0.001 см$^{-1}$, d_a = 110 мм), подключенной к высокочастотному генератору слабых колебаний (автодину), входящему в состав схемы регистрации *11*. На рис. 2 в качестве примера представлены сигналы ЯМР от текущего потока водопроводной воды на резонансной частоте протонов с инверсией и без инверсии намагниченности.

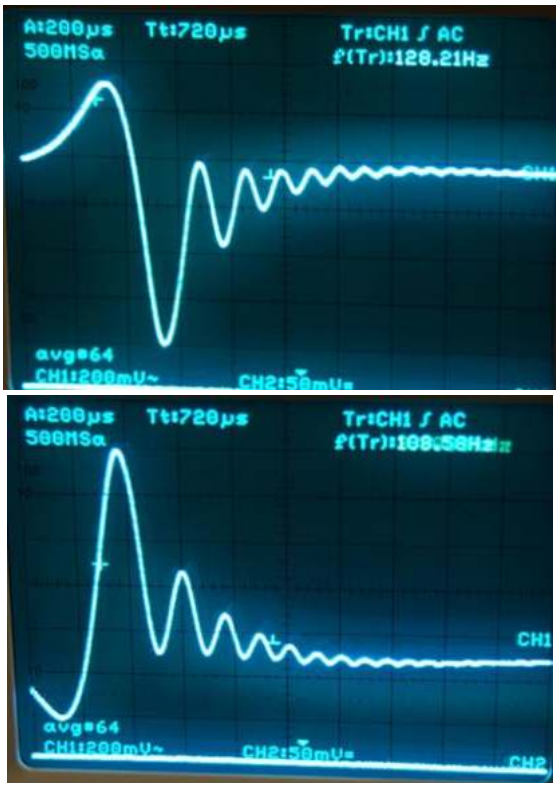


Рис. 2. Зарегистрированные сигналы ЯМР от водопроводной воды при температуре T = 13,4 °С

Эти сигналы используются для измерения расхода текущей среды q и времен продольной T_1 и поперечной T_2 релаксации. Горюче-смазочные смеси, как и вода, содержит протоны, принцип регистрации измерения этих параметров не измениться.

Проведенные измерения показали надежность работы прибора. Погрешность измерения q, T_1 и T_2 менее 1 % при ламинарном режиме течения (на этих режимах течения используются горюче-смазочные смеси).

Источники

1. Radiation-induced stable radicals in calcium phosphates:results of multifrequency EPR, EDNMR, ESEEM and ENDOR studies / F.F. Murzakhanov [et al.] // Applied Sciences (Switzerland). 2021. Vol. 11, Iss. 16. Pp. 932–941.

2. Qualitative and Quantitative analysis of heavy crude oil samples and their sara fractions with ^{13}C nuclear magnetic resonance / I. Rakhmatullin [et al.] // Processes. 2020. Vol. 8, Iss. 8. Pp. 995.

3. Козелков О.В., Сафиуллин Б.Р., Кашаев Р.С. Возможности использования проточного ЯМР-анализатора для дистанционного управления скважиной с УЭНЦ // Химическая технология. 2021. Т. 22, № 2. С. 89–96.

4. Киен Н.Т., Кашаев Р.С. Стенд ПМР-анализатора для измерения вязкости и состава многокомпонентных жидкостей методом ЯМР-релаксометрии // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22, № 2. С. 108–116.

5. Экспресс-метод и аппаратура протонного магнитного резонанса для измерения плотности и молекулярной массы нефти / Р.С. Кашаев [и др.] // Журнал прикладной спектроскопии. 2019. Т. 86, № 2. С. 277–282.

УДК 625.768.5

ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА КАНАЛА УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНОЙ СНЕГОПЛАВИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Дроздова Анастасия Дмитриевна[1], Смирнова Светлана Васильевна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань
[1]anastasiya-kuzneczova-1999@list.ru, [2]svs.smirnova@gmail.com

В данной работе решаются такие задачи, как разработка и описание электрической принципиальной схемы канала управления мобильной снегоплавильной установки.

Ключевые слова: установка снегоплавильная, утилизация снега, электрическая принципиальная схема.

ELECTRICAL SCHEMATIC DIAGRAM OF THE CONTROL CHANNEL OF THE MOBILE SNOW MELTING PLANT

Drozdova Anastasiya Dmitrievna[1], Smirnova Svetlana Vasilevna[2]
KNRTU-KAI, Kazan
[1]anastasiya-kuzneczova-1999@list.ru, [2]svs.smirnova@gmail.com

This article solves such problems as the development and description of the electrical schematic diagram of the control channel of a mobile snow melting plant.

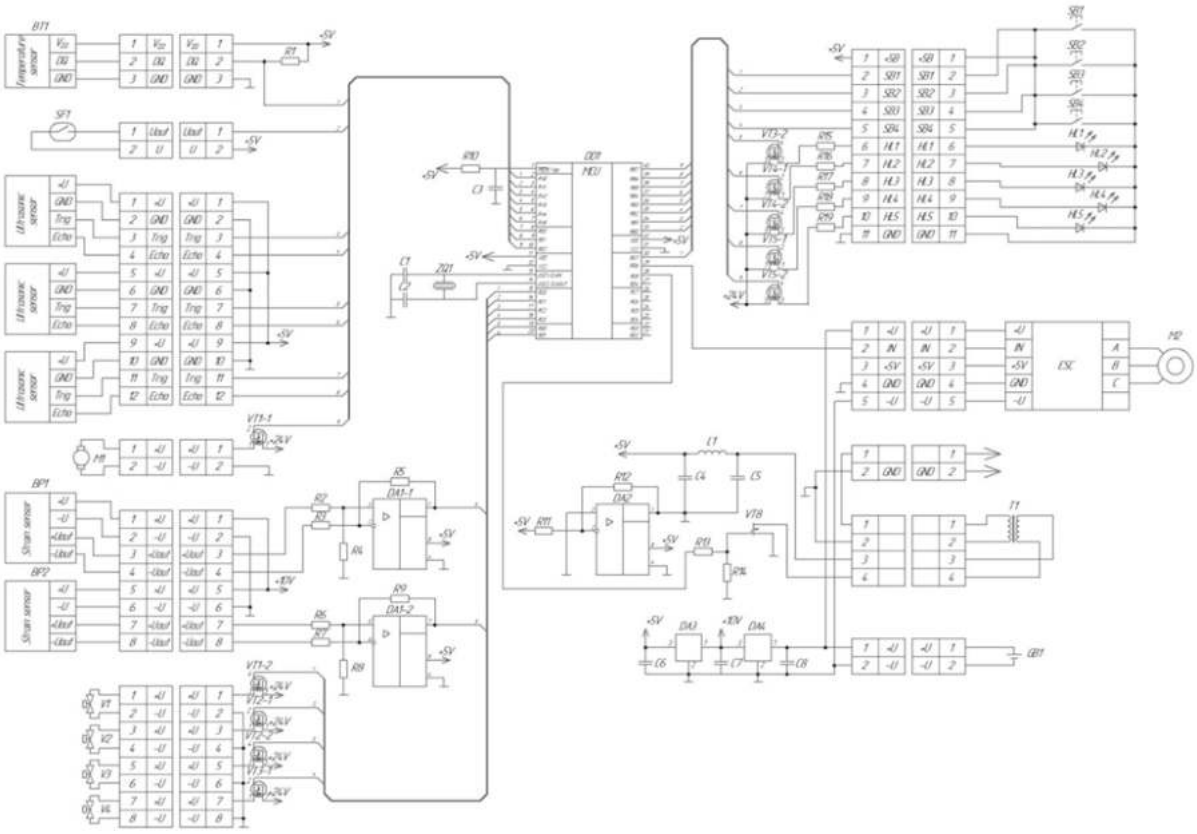
Keywords: snow melting plant, snow disposal, electrical schematic diagram.

Мобильная снегоплавильная установка (патент № 2695676) [1] предназначена для механической и химической очистки талого снега, собранного с улиц города.

Электрическая принципиальная схема канала управления мобильной снегоплавильной установки представлена на рисунке.

Главным устройством обработки информации канала управления мобильной снегоплавильной установки является микроконтроллер DD1. В микроконтроллер с датчиков и панели управления поступает информация, данные обрабатываются и формируются управляющие сигналы.

Ультразвуковые датчики *1* и *2* используются для измерения уровня жидкости и снега в снегоплавильной камере мобильной снегоплавильной установки. Для минимизации погрешности измерения, связанной с изменением скорости распространения ультразвуковой волны в воздухе, вводится дополнительный ультразвуковой датчик для измерения скорости звука.



Электрическая принципиальная схема канала управления
мобильной снегоплавильной установки

Для сигнализации предельного уровня жидкости в камере шлама мобильной снегоплавильной установки был выбран поплавковый датчик уровня, принцип действия которого основан на сигнализации перемещения поплавка, плавающего на поверхности жидкости. Выбор обусловлен простотой конструкции, низкой ценой, возможностью работы датчик при наличии пены в камере шлама.

Датчик температуры устанавливается в снегоплавильной камере для измерения температуры воздуха и регулирования подачи газа в зависимости от полученной информации.

Тензометрические датчики *1* и *2* необходимы для контроля количества газа и окислителя в баллонах.

*M*1 – насос, который нужен для подачи загрязненной жидкости для очистки в двухступенчатый гидроциклон-окислитель [2, С.439].

*V*1–*V*4 – электромагнитные клапаны нормально закрытые, которые открываются при подаче напряжения.

Блок питания состоит из двух микросхем стабилизаторов напряжения KIA7805API-U/PF (DA3) [3] и KIA7810API-U/PF (DA4) [4], на выходе которых получаем напряжение +5В и +10В.

Управление мобильной снегоплавильной установкой осуществляется с помощью панели управления, которая состоит из четырех кнопок и пяти ламп. Кнопки предназначены для включения/выключения установки и выбора программы «с очисткой» или «без очистки» [5, с. 47]. Лампы предназначены для сигнализации срабатывания поплавкового датчика уровня, тензодатчиков и ультразвуковых датчиков.

Источники

1. Мобильная снегоплавильная установка: пат. 2695676 Рос. Федерация № 2018100223; заявл. 09.01.2018; опубл. 25.07.2019, Бюл. № 21.
2. Дроздова А.Д., Смирнова С.В. Моделирование информационно-измерительного канала управления мобильной снегоплавильной установки в программах Multisim и Ultiboard // XXV Туполевские чтения (школа молодых ученых): матер. Междунар. молод. науч. конф. Казань, 2021. Т. 3. С. 438–443.
3. Стабилизатор напряжения KIA7805API-U/PF [Электронный ресурс]. URL: https://www.chipdip.ru/product/kia7805api (дата обращения: 28.10.2022).
4. Стабилизатор напряжения KIA7810API-U/PF [Электронный ресурс]. URL: https://www.chipdip.ru/product/kia7810api-u-pf (дата обращения: 28.10.2022).
5. Дроздова А.Д., Смирнова С.В. Электрическая принципиальная схема информационно-измерительного канала управления мобильной снегоплавильной установки // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VII Нац. науч.-практ. конф. Казань, 2021. С. 45–47.

УДК 65.011.56

ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Дронина Александра Александровна[1], Зарипова Римма Солтановна[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]alexandradronina@yandex.ru

В статье рассматривается вопрос о применении информационных систем на предприятиях ТЭК. Проанализированы возможные пути их совершенствования. Рассмотрены проблемы цифровизации энергетики в РФ, а также предложен вариант внедрения технологии машинного зрения.

Ключевые слова: ТЭК, автоматизация, цифровое производство, машинное зрение, обработка информации.

POSSIBLE WAYS TO IMPROVE THE FUEL AND ENERGY COMPLEX

Dronina Alexandra Alexandrovna[1], Zaripova Rimma Soltanovna[2]
Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]alexandradronina@yandex.ru

The article considers the issue of the use of information systems at the enterprises of the fuel and energy sector. Possible ways of their improvement are analyzed. The problems of digitalization of energy in the Russian Federation are considered, and a variant of the introduction of machine vision technology is proposed.

Keywords: Fuel and energy complex, automation, digital production, machine vision, information processing.

Россия располагает значительным количество энергетических ресурсов и мощным топливно-энергетическим комплексом (ТЭК), который является не только основой экономики страны, но и определяет ее экономическую безопасность.

На сегодняшний день наблюдается заинтересованность предприятий в автоматизации рабочих мест, путем применения современных методов и технических средств.

Особую актуальность приобретает вопрос о цифровизации производства, оптимизации времени, путем оперативного обмена информацией, осуществление быстрого получения информации о поломках и материалах для осуществления ремонта установок.

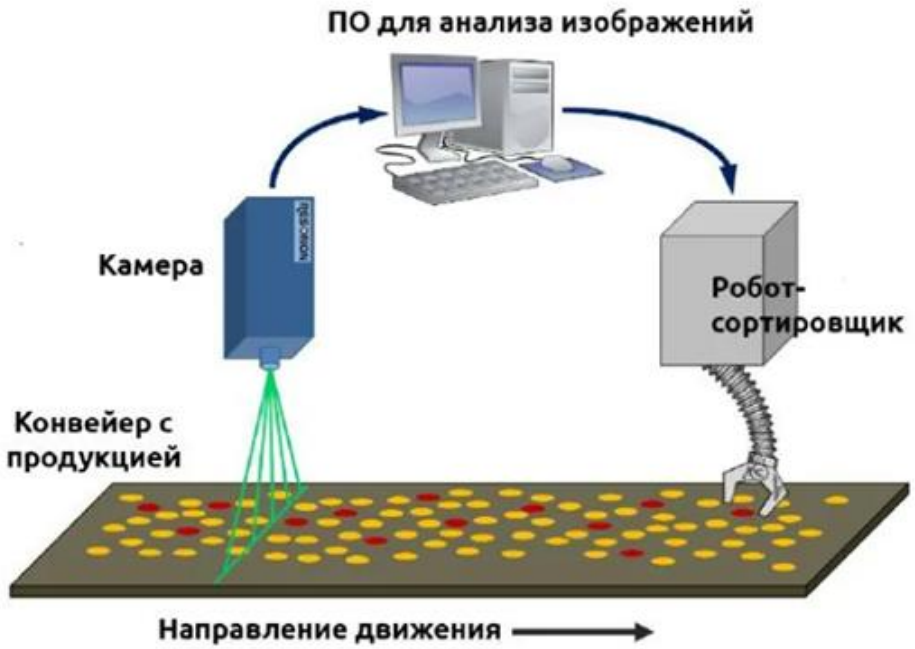
В области цифрового производства развиваются такие направления как «облачные технологии хранения и переработки информации», «искусственный интеллект», «роботизированное производство», «применение микроконтроллеров в программируемых системах» [1].

В настоящее время техническая сторона на предприятиях находится в критическом состоянии. Бесспорно новые технологии внедряются в работу, но это происходит крайне медленно. Большая часть оборудования уже исчерпало себя. Ручной труд становится совершенно нерациональным использованием труда, времени и средств. Помимо этого, возникают новые требования к системе управления производством в связи со сменой моделей, с увеличением ассортимента изделий.

Таким образом, остро стоит вопрос о возможностях внедрения мировых трендов в рабочий процесс, одним из которых может являться технология машинного зрения.

Машинное зрение является подразделом инженерии, связанное с вычислительной техникой, оптикой, машиностроением и промышленной автоматизацией [2].

Камеры принимает определенную информация, которая обрабатывается в реальном времени, что позволяет значительно ускорить работу, своевременно определить проблемные места и принять меры по их предупреждению (см. рисунок). Кроме того, внедрение данной технологии не требует сильных затрат, как денежных, так и физических.



Пример применения машинного зрения

Помимо данной технологии, значительную пользу смогут принести такие внедрения как:

1. Летательных аппаратов с возможностью удаленного управления и получения снимков на компьютеры геологов, которые смогут оценить ценность найденных полезных ископаемых в местах, куда попасть до этого не удавалось.

2. Технологий искусственного интеллекта, которая позволит рабочим управлять несколькими установками.

В заключение отметим, что модернизация топливно-энергетических комплексов на территории РФ значительно повысит конкурентоспособность предприятия, окажет положительное влияние на экономику, приведет к положительной динамике развития предприятия.

Источники

1. Амелин С.В., Щетинина И.В. Организация производства в условиях цифровой экономики // Организатор производства. 2018. Т. 26, № 4. С. 7–18.

2. Машинное зрение [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Машинное_зрение (дата обращения: 14.11.2022).

3. Лапаева О.Ф., Иневатова О.А., Дедеева С.А. Современные проблемы и перспективы развития топливно-энергетического комплекса // Экономические отношения. 2019. Т. 9, № 3. С. 2129–2142.

4. Проблемы развития цифровой энергетики в России / Н.И. Воропай // Проблемы управления. 2019. № 1. С. 2–14.

5. Жданеев О.В.,Чубоксаров В.С. Перспективы технологий индустрии 4.0 в ТЭК России // Энергетическая политика. 2020. № 7 (149). С. 16–33.

УДК 543.27-8

ВНЕДРЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ПЕРЕДАТЧИКОВ КАК ИЗМЕРИТЕЛЕЙ ДАВЛЕНИЯ ИЛИ ТЕМПЕРАТУРЫ

Идрисова Гузель Фанзилевна[1], Богданова Наталья Владимировна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]guzelidrisova15525@gmail.com, [2]nv_voronina@mail.ru

В статье описывается принцип действия интеллектуального передатчика для измерения температуры или давления. Особенность установки в ее минимальном собственном энергопотреблении, компактности и возможности внедрить даже в небольшое производство.

Ключевые слова: цифровизация, интеллектуальные передатчики, полевые приборы, технология HART, микроконтроллер.

INTRODUCTION OF INTELLIGENT TRANSMITTERS AS PRESSURE OR TEMPERATURE MEASURES

Idrisova Guzel Fanzilevna[1], Bogdanova Natalya Vladimirovna[2]
Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]guzelidrisova15525@gmail.com, [2]nv_voronina@mail.ru

The article describes the principle of operation of an intelligent transmitter for measuring temperature or pressure. The peculiarity of the installation is its minimum own energy consumption, compactness and the ability to implement even in small production.

Keywords: digitization, smart transmitters, field devices, HART technology, microcontroller.

На сегодняшний день для повышения эффективности производства, его гибкости и приспособления к нынешним реалиям начали широко использовать цифровую автоматизацию производства с упором на массовое внедрение интеллектуальных автономных систем. Автоматизация управления и широкая аналитика позволяют не только эффективно вести текущие технологические и производственные процессы, но и перейти от планового к профилактическому техническому обслуживанию. Ключевым аспектом решения задач автоматизации является внедрение и использование интеллектуальных средств измерения [1].

Интеллектуальными средствами измерений могут быть различные приборы – интеллектуальные датчики, автоматы, автоматизированные установки, которые представляют набор средств для регистрации, передачи и обработки данных, с учетом применения интеллектуальных алгоритмов на основе баз знаний [2, с. 154]. Процессор интеллектуального прибора позволяет применять к измерениям предварительно запрограммированные алгоритмы обработки сигналов и обработки данных.

Это предварительно написанное программное обеспечение часто называют встроенным программным обеспечением. Основная функция, которую выполняли первые доступные интеллектуальные инструменты, заключалась в компенсации возмущений окружающей среды измерениям, вызывающим систематические ошибки. Таким образом, помимо первичного датчика для измерения интересующей переменной, интеллектуальные приборы обычно имеют один или несколько вторичных датчиков для отслеживания значения возмущений окружающей среды. Эти дополнительные измерения позволяют скорректировать выходные показания с учетом влияния погрешностей, вызванных окружающей средой, при условии соблюдения следующих предварительных условий:

1) необходимо полностью понять физический механизм, с помощью которого на измерительный датчик влияют изменения условий окружающей среды, и определить все физические величины, влияющие на выходной сигнал;

2) влияние каждой переменной окружающей среды на выходную характеристику первичного датчика должно быть определено количественно;

3) должны быть доступны подходящие вторичные датчики для контроля значений всех соответствующих переменных окружающей среды, которые будут удовлетворительно работать в преобладающих условиях окружающей среды.

Аналитическая количественная оценка изменений условий окружающей среды на основе чисто теоретического рассмотрения конструкции датчика обычно чрезвычайно сложна, и поэтому ее обычно избегают. Вместо этого эффект количественно оценивается эмпирически в лабораторных тестах. В таких тестах за выходной характеристикой датчика наблюдают при контролируемом изменении условий окружающей среды.

Хотя автоматическая компенсация возмущений окружающей среды является важным атрибутом интеллектуальных приборов, многие варианты таких устройств выполняют дополнительные функции, и это было так еще в первые дни их разработки.

В данной статье как интеллектуальные средства измерения будут рассматриваться интеллектуальные передатчики, имеющие функцию поддержания заводского мониторинга и диагностики оборудования, связи с рассредоточенными по предприятию приборами. Полевые измерительные приборы позволяют накапливать больше данных и создавать историческую базу хода процесса, на основании которого можно выработать аналитику для более эффективного функционирования. Устройство можно использовать с различными датчиками, например с термометрами сопротивления, термопарами и датчиками давления.

Установку можно использовать для измерения давления или температуры. Технология HART позволяет передавать цифровые данные и питание по двум проводам. АЦП выгоднее будет выбрать компании Analog Devices AD7124-4, так как его собственное энергопотребление сверхнизкое, но при это он включает все функции, необходимые для систем измерения температуры и давления [5, с. 320]. Слабые сигналы могут передаваться за счет интегрированного усилительного каскада с малым коэффициентом усиления без помощи внешнего усилителя. У преобразователя широкий температурный диапазон от –40 до +125 °C и высокая электростатическая стойкость, что гарантирует бесперебойное функционирование даже в суровых условиях среды. Оптимальная изоляция не менее важна для полевых измерительных приборов [3, с. 17]. В данной установке ее обеспечивает цифровой изолятор. Сам интеллект системы находится в микроконтроллере. Для интеллектуальных передатчиков эффективнее будет использование микроконтроллеров на базе архитектуры ARM, потребление которых не превышает 38 мкА/МГц [4, с. 80]. В микроконтроллерах может быть запрограммировано интеллектуальное ПО, позволяющая обеспечивать заданную точность измерения и выполнять диагностику.

Данная установка иллюстрирует практическое решение промышленного полевого прибора для измерения давления или температуры. Прибор полностью отвечает требованиям «Индустрии 4.0» и может внедряться даже в небольшие производства.

Источники

1. Интеллектуальные измерительные приборы: «умный» путь в «Индустрию 4.0» [Электронный ресурс]. URL: https://www.eltech.spb.ru/analog_izmeritelnyepribory (дата обращения: 03.11.2022).

2. Ярославский Д.А. Аналитические модели движения проводов воздушных высоковольтных линий электропередачи // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 4. С. 154–164.

3. Янг В., Му С., Хартманн Д. Новый подход к организации изоляции в модуле аналогового ввода ПЛК // Компоненты и технологии. 2017. № 9 (194). С. 97–102.

4. Иоффе Д., Романов О. Изолирующие микросхемы на основе технологии iCoupler фирмы Analog Devices // Компоненты и технологии. 2006. № 7 (60). С. 110–114.

5. Гельман М.М. Аналого-цифровые преобразователи для информационно-измерительных систем. М.: Издательство стандартов, 2019. 320 с.

УДК 535.34.083.2:538.56

МЕТОДЫ ЛАЗЕРНОЙ ФОТОМЕТРИИ И ПМР-РЕЛАКСОМЕТРИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАФИНИСТЫХ НЕФТЕЙ

Карачин Вячеслав Игоревич[1], Кашаев Рустем Султанхамитович[2],
Козелков Олег Владимирович[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]kashaev2007@yandex.ru

В статье методами лазерной фотометрии и протонно-магнитной резонансной релаксометрии проведены исследования парафинистых нефтей. Получены зависимости сигналов фототранзистора и времен протонной магнитной релаксации от концентрации парафинов в нефти. На основе результатов сделан вывод, что наиболее тяжелые парафины из дисперсионной среды нефти оседают на структурных единицах нефти. Получены формулы, описывающие зависимости.

Ключевые слова: лазерная, фотометрия, протонная, магнитная, резонансная, релаксометрия, парафинистые, нефти.

METHODS OF LASER PHOTOMETRY AND PROTON MAGNETIC RESONANCE RELAXOMETRY FOR PARAPHINIC OILS STUDY

Karachin Vyacheslav Igorevich[1], Kashaev Rustem Sultanhamitovich[2],
Oleg Kozelkov[3]
[1,2,3]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]kashaev2007@yandex.ru

In the paper by the methods of laser photometry and proton magnetic resonance relaxometry conducted the studied the paraffinic oils. Received the dependences of signals on foto transistor and times of proton magnetic resonance relaxation. On the base of obtained results made the conclusion, that the most heavy paraffins from dispersion media of oil precipitate on the oil structure units. Obtained equations, describing the dependences.

Keywords: laser, photometry, proton, magnetic, resonance, relaxometry, paraphinic, oils.

Для исследования парафинистых нефтей по поглощению лазерного луча после прохождения излучения через нефть в пробирке, и одновременно по изменению параметров протонной магнитной резонансной (ПМР) релаксации разработана экспериментальная установка. Она работает по следующему алгоритму: электромагнитная катушка при подаче на неё напряжения $U_{кат}$ = 15 В втягивает ферромагнитный стержень и перемещает прикрепленный к нему шток с пробиркой с образцом на его конце в позицию, в которой производится измерение ПМР-параметров вначале в магните Хальбаха с полем B_o = 0,155 Тл и катушкой индуктивности, настроенной на резонансную частоту ν_o = 6,5 МГц и с одновременным измерением фототранзистором *BPW85B* поглощения лазерного луча от лазера; снятием напряжения с электромагнитной катушки пробирка с образцом опускается в постоянный магнит из сплава на редкоземельном элементе NdFeB с полем B_o = 0,3362 Тл и катушкой индуктивности, на резонансную частоту ν_o = 14,32 МГц в датчике релаксометра протонного магнитного резонанса, описанного в работах [1, 2]. Температура образца устанавливается с помощью нагревающей/охлаждающей системы, включающей алюминиемый стакан с глицерином, в который погружается пробирка и через который поток тепла/холода передается образцу от термоэлемента TEC1-12706 с одновременным отводом холода/тепла через радиатор, обдуваемый кулером. Все элементы с проводной обвязкой и кнопочным пультом управления размещаются в едином каркасе.

Для измерений методом лазерной фотометрии (ЛФМ) использовался красный лазер с длиной волны λ = 630...650 нм (энергия кванта 1,68...1,98 эВ). Исследовались нефти ПАО Татнефть, Транснефть и стандартные образцы Омского ЦСМ при комнатной температуре 23 °С.

На рисунке представ-лены полученные зависимости сигнала (СФТ) на фототранзисторе *BPW*85*B* от времен спин-спиновой релаксации $T_{2A,B,C}$ фаз *A*, *B* и *C* и концентраций парафина (%) при контроле в пробирке.

Зависимости с коэффициентами корреляции R^2 = 0,6...0,9 описываются уравнениями:

– кривая *1*:

$$СФТ = 171\ln(T_{2A}) - 455;$$

– кривая *2*:

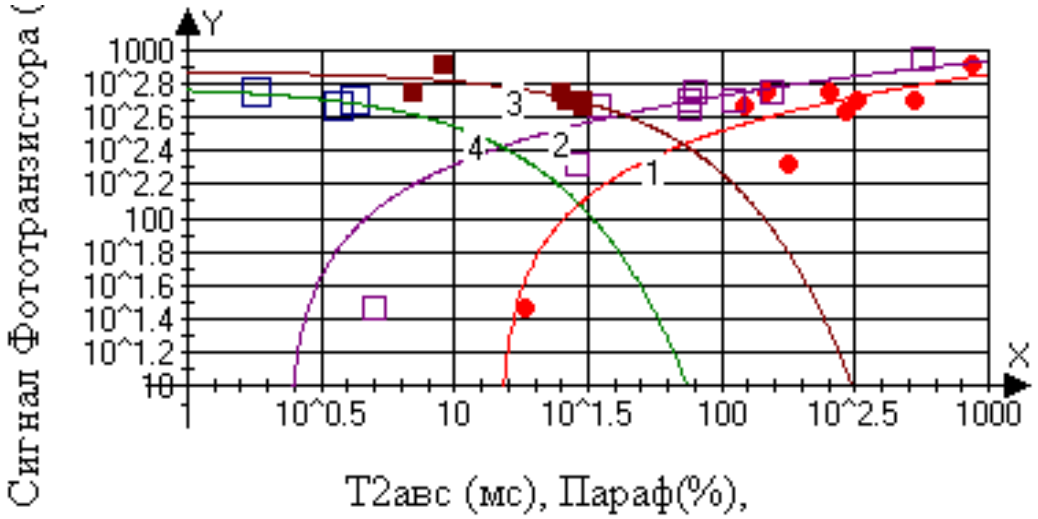
$$СФТ = 143\ln(T_{2B}) - 120;$$

– кривая *3*:

$$\text{СФТ} = 753\exp(-0{,}014T_{2C});$$

– кривая *4*:

$$\text{СФТ} = 610\exp(-0{,}055\text{Параф}).$$



Зависимости сигнала СФТ от времен спин-спиновой релаксации $T_{2A,B,C}$ (мс) фаз *A*, *B*, *C* (кривые *1*–*3*) и парафина (кривая *4* зеленого цвета) при измерениях в пробирке

Как видно из кривой *4* для зависимости СФТ(Параф) с ростом концентрации парафина сигнал СФТ падает, что вполне объяснимо ростом поглощения лазерного излучения молекулами парафина. Это хорошо согласуется с зависимостями времен релаксации T_{2A} и T_{2B} (кривые *1* и *2*) – рост сигнала СФТ соответствует синхронному росту T_{2A} и T_{2B}, т. е. с уменьшением вязкости нефти [3] и с увеличением прозрачности среды. Но T_{2C} ведет себя противоположно – укорочением T_{2C} растет СФТ, что может найти объяснение в рамках модели сложных структурных единиц (ССЕ) в нефти [1], согласно которой фазе *A* соответствуют молекулы масляной среды и время релаксации T_{2A}, фазе *B* – молекулы внешней (переходной) сольватной оболочки ССЕ с временем T_{2B}, фазе *C* – молекулы сольватной оболочки ядра ССЕ. Ход кривой *3* свидетельствует о конденсации тяжелых линейных молекул парафинов в оболочке ядра ССЕ за счет оттока парафинов из среды и промежуточного слоя (фаз *A* и *B*) в фазу *C*, которой соответствует время релаксации T_{2C}.

Источники

1. Козелков О.В., Кашаев Р.С. Приборные и мехатронные комплексы в нефтяной промышленности и энергетике: монография. Махачкала: «Апробация», 2019. 112 с.

2. Портативный релаксометр ядерного магнитного резонанса: п. м. 67719 Рос. Федерация № 2007126361/22; заявл. 25.06.2007; опубл. 27.10.2007, Бюл. № 30.

3. Чижик В.И. Квантовая радиофизика: учеб. пособие. СПб.: Университет, 2004. 689 с.

УДК 621.316.71:681.3

ПРИМЕНЕНИЯ LABVIEW В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИЗМЕРЕНИЯХ

Кашаев Рустем Султанхамитович[1], Костюхина Наталья Александровна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2]vm.kgeu-pochta@mail.ru

В статье предложены методы инженерного проектирования. Имея компьютер и программу LabVIEW, достаточно создать вначале виртуальный проект изделия, отладить его в виртуальном виде, а затем собрать эту систему из стандартных блоков фирмы National Instruments или современных с ними модулей других фирм и получить задуманное изделие.

Ключевые слова: измерительные системы, измерение и/или генерация реальных физических сигналов, компьютерно-измерительные системы (КИС), виртуальные измерительные приборы, LabVIEW.

LABVIEW APPLICATIONS IN AUTOMATED MEASUREMENTS

Kashaev Rustem Sultankhamitovich[1], Kostyukhina Natalia Alexandrovna[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1,2]vm.kgeu-pochta@mail.ru

The article proposed engineering design methods. Having a computer and LabVIEW, it is enough to create a virtual product project first, debug it in virtual form, and then assemble this system from the standard blocks of National Instruments or modern modules of other companies with them and get the intended product.

Keywords: measuring systems, measurement and/or generation of real physical signals, computer-measuring systems (CIS), virtual measuring devices, LabVIEW.

В настоящее время сформировались новое направление в метрологии и измерительной технике – компьютерно-измерительные системы (КИС) и их разновидности, или направления развития, - виртуальные измерительные приборы. КИС обязательно включает в себя компьютер, работающий в режиме реального масштаба времени. КИС на основе персонального компьютера заменяют стандартные измерительные приборы (вольтметры, осциллографы, анализаторы спектра, генераторы и пр.) системой виртуальных приборов.

Программное обеспечение осуществляет управление всей системой, которая выдает необработанные данные, обрабатывает их и представляет пользователю результаты. Путем указанных действий физическую величину, которую нужно измерить, можно ввести в компьютер для анализа, обработки, отображения и сохранения.

Системы сбора данных (DAQ) используют DAQ-устройства (устройства сбора данных) для ввода предварительно преобразованных аналоговых сигналов компьютер с целью последующей обработки и регистрации данных программным способом. По способу подключения к компьютеру DAQ-устройства могут быть разных типов, например, использующие шину PCI, PCI Express, PXI, компьютерный порт USP или IEEE 1394.

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) позволяет разработать прикладное программное обеспечение для организации взаимодействия с измерительной и управляющей аппаратурой, сбора, обработки и отображения информации и результатов расчетов, а также моделирования как отдельных объектов, так и автоматизированных систем в целом. Разработчиком программы LabVIEW является американская компания National Instruments.

LabVIEW является открытой системой программирования и имеет встроенную поддержку всех применяемых в настоящее время программных интерфейсов, таких как Win32 DLL, COM, NET, DDE, сетевых протоколов на базе IP, DataSocket и др. В состав LabVIEW входят библиотеки управления различными аппаратными средствами и интерфейсами, такими как PCI, CompactPCI/PXI, VME, VXI, GPIB(КОП), PLC,VISA, системами технического зрения и др. Программные продукты, созданные с использованием LabVIEW, могут быть дополнены фрагментами, разработанными на традиционных языках программирования, например C++, Pascal, Basic, FORTRAM.

Любая программа, созданная в системе LabVIEW, называется виртуальный прибор (VI) или виртуальный инструмент (ВИ – дословный перевод с английского языка: VI-VIrtual Instrument). Компонентами, составляющими VI, являются передняя панель, блок-диаграмма и пиктограмма /коннерктор.

Все конструкции программирования LabVIEW представляют собой прямоугольные области блок-диаграммы, ограниченные рамкой. Внутри этой области может быть помещен требуемый программный код. Конструкция «условие» состоит из двух (**if-then-else**) или боле (**switch/case** of) страниц. На верхней границе конструкции расположен переключатель страниц. Каждой странице соответствует какое-либо значение проверяемой величины.

Функции **select** это упрощенный вариант Case-структуры. Функция возвращает значение, подключенное к входам **true** и **false** в зависимости от состояния входа **S**.

Массив (**array**) – пронумерованный, непрерывный, неограниченный набор однотипных данных. Каждый элемент массива имеет набор индексов, соответствующих размерности массива: одномерный – один индекс, двумерный – два индекса и т. д. Графически массив выглядит как прямоугольная область, через которую можно просматривать элементы массива. Рядом с левым верхним углом этой области отображаются индексы. Значения этих индексов соответствуют элементу массива.

Кластеры группируют элементы данных разных типов. Объединение нескольких элементов данных в кластер уменьшает загромождение проводниками блок-диаграммы, а также количество терминалов панели подключения subVI. Кластер может включать либо элементы управления, либо индикаторы, но не оба типа объектов одновременно.

Многие программы, разработанные в LabVIEW, реализуют алгоритм, который выполняется последовательно. Способы программирования этих алгоритмов могут значительно различаться.

Конечный автомат – широко распространенный и очень полезный шаблон разработки в LabVIEW. Конечный автомат обычно реализует умеренно сложный алгоритм принятия решений, например, программу диагностирования или наблюдения за процессом.

В LabVIEW переменные – элементы блок-диаграммы, позволяющие вам получать доступ к данным или сохранить данные в другом месте. Настоящее местоположение данных в зависимости от типа переменной. Локальные переменные **Local Variables** хранят данные в элементах управления и индикации лицевой панели, используются для обмена данными в одном VI.

LabVIEW реализует приложения, выполняющие функции метеостанции, различные интерфейсы для пользователей, массивы элементов управления и т.д.

Источники

1. Основы применения LabVIEW в автоматизации измерений, контроля и управления: лаб. практикум / сост.: А.С. Малацион [и др.]. Казань: КГЭУ, 2014. 111 с.

2. Основы LabVIEW [Электронный ресурс]: учеб. пособие. 2009. URL: http:// molphys.ustu.ru/RealTimeSystems/LabView/LabVIEW.pdf (дата обращения: 12.10.2022)

4. Виноградова Н.А., Листратов Я.И., Свиридов Е.В. Разработка прикладного программного обеспечения в среде LabVIEW: учебное пособие. М.: Изд-во МЭИ, 2005. 50 с.

5. Федосов В.П., Нестеренко А.К. Цифровая обработка сигналов в LabVIEW / под ред. В.П. Федосова. М.: ДМК Пресс, 2007. 472 с.

УДК 621.865.8

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАНИПУЛЯТОРОВ В МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Квасова Инна Сергеевна[1], Сафин Марат Абдулбариевич[2],
Сафаров Ильдар Мирсаяфович[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]kvasova.inna@mail.ru, [2]Safin.MA@kgeu.ru

В статье рассмотрена одна из основных движущих сил мехатронных систем автоматического управления — роботы-манипуляторы. Их разработка и внедрение в производство позволяют предприятиям выйти на новый уровень в научно-технической сфере. Использование роботов-манипуляторов повышают производительность труда, путем распределения работы между человеком и техникой.

Ключевые слова: промышленные роботы, манипуляторы, предприятия, роботы-манипуляторы, система автоматического управления

THE USE OF MANIPULATORS IN MECHATRONIC AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS

Kvasova Inna Sergeevna[1], Safin Marat Abdulbarievich[2],
Safarov Ildar Mirsayafovich[3]
[1,2,3]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]kvasova.inna@mail.ru, [2]Safin.MA@kgeu.ru

The article considers one of the main driving forces of mechatronic automatic control systems-robot manipulators. Their development and implementation in production allow enterprises to reach a new level in the scientific and technical field. The use of robotic manipulators increases labor productivity by distributing work between humans and machinery.

Keywords: industrial robots, manipulators, enterprises, robot manipulators, automatic control system.

Современным направлением развития промышленности является автоматизация технологических процессов, а в частности создание и продвижение промышленных роботов, которые непосредственно делают производство более автоматизированным. Поэтому ежегодно в мире на предприятия промышленности внедряется более сотни тысяч роботизированный техники [1].

В 1954 году американской фирмой Unimation был разработан первый промышленный робот Unimate (Унимат). Именно с того времени начинается становление промышленных роботов в мире. И с каждым годом они становятся все качественнее и многофункциональнее.

Промышленные роботы по назначению делятся на: универсальные, специальные, специализированные (роботы для сварки, покраски и т. п.), роботы-манипуляторы; роботы для обслуживания станков, коботы (коллаборативные роботы).

Более подробно в статье рассмотрены промышленные роботы типа роботы-манипуляторы. Они предназначены для перемещения, вращения и иного воздействия на объект путем выполнения определенных операций [2].

Мировыми производителями манипуляторов являются: Furukawa UNIC (Япония), FASSI GROUP (Италия), PALFINGER (Австрия), Aripix Robotics (Россия), KUKA (Германия).

Одной из проверенных и лидирующих компаний в данной сфере считается KUKA.

Компания KUKA – это немецкий производитель роботов, который находится на пике развития технологий и предлагает потребителю одни из самых продвинутых моделей роботизированной техники [3].

Клиентами KUKA являются такие известные мировые компании как Audi, Tesla, BMW, Ford, ИКЕА, Coca-Cola и многие другие. В России роботы KUKA используют не так масштабно, как за границей, однако такие заводы как АвтоВАЗ и КамАЗ применяют роботы, грузоподъемность который составляет до тонны, для выполнения сборки и укладывания груза на паллеты [4].

Преимущества KUKA:

– многообразие роботов, решающих разнокалиберные задачи – от упаковки продукции до лазерной резки;

– широкий диапазоном грузоподъемности. Манипуляторы могут обрабатывать как огромные детали машин, так и очень маленькие;

– простое внедрение. Манипуляторы унифицированы, они с легкостью вводятся в действующее производство;

– подвижность и заменяемость. Производитель создает собственную концепцию для повышения легкости использования роботов на любом предприятии;

– разнообразие подключаемых модулей и аксессуаров.

Недостатки KUKA:

– высокая стоимость роботов-манипуляторов;

– низкий уровень взаимосовместимости составляющих и ремонтопригодности. Использовать лучше только оригинальные запчасти.

Роботы бренда KUKA одни из самых высококачественных и надежных роботов по всему миру. Компания лидирует как в продажах, так в скорости развития новых технологий. На сегодняшний день их роботы можно использовать практически во всех сферах производства, что безусловно доказывает их лидирующие позиции [5].

В настоящее время часто стали приравнивать понятия «конкурентоспособность» и «автоматизация». Ведь использование роботизированных манипуляторов в мехатронных системах автоматического управления помогает решать множество задач:

1) повышение качества продукции;

2) исключение человеческого фактора на производствах;

3) увеличение объемов производства;

4) рациональное использование оборудования, а также рабочих площадей;

5) повышение уровня безопасности производства;

6) уменьшение сроков окупаемости вложений.

Таким образом, промышленные роботы, в частности манипуляторы, с легкостью внедряются в любые производственные процессы, тем самым значительно расширяя возможности и перспективы робототехники.

Источники

1. Симонов С. Роботизированные транспортно-накопительные системы внутрицеховой логистики // Современные технологии. 2020. № 9. С. 20–23.

2. Егоров О.Д., Подураев Ю.В., Буйнов М.А. Робототехнические мехатронные системы: учеб. М.: МГТУ «СТАНКИН», 2016. 360 с.

3. Производственные роботы-манипуляторы KUKA – немецкое качество [Электронный ресурс]. URL: https://vektorus.ru/blog/obzory/robot-manipulyator-kuka.html#robot-kuka-kr-420-r3080-kr-500-fortec (дата обращения: 25.10.2022).

4. Роботы KUKA в России: от автоматизации советского автопрома до гаражных манипуляторов [Электронный ресурс]. URL: https://hightech.fm/2020/01/27/kuka-robots (дата обращения: 04.11.2022).

5. Промышленные роботы Kuka – инновационный шаг в будущее [Электронный ресурс]. URL: https://zarnitza-innovations.ru/uslugi/robotizatsiya/promyshlennye-roboty-kuka/?ysclid=la9j9p41pg145452114 (дата обращения: 04.11.2022).

УДК/ББК 622.32+539.1

ЭКСПРЕСС-КОНТРОЛЬ КОНЦЕНТРАЦИИ СОЛЕЙ В КАПЛЯХ ВОДЫ ЭМУЛЬСИЙ МЕТОДОМ МАГНИТНОЙ ЛЕВИТАЦИИ

Козелкова Валерия Олеговна[1], Кашаев Рустем Султанхамитович[2],
Козелков Олег Владимирович[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]kashaev2007@yandex.ru

В статье предложено теоретическое обоснование и описание метода определения концентрации солей в воде капель эмульсий использованием левитации капель в магнитном поле. Метод основан на определении разности плотностей между водой в капле и в парамагнитного растворе, в котором левитирует (плавает) одиночная капля. Выведена формула для определения концентрации солей от позиции капли в ячейке, проведены экспериментальные исследования.

Ключевые слова: соли, вода, капля, магнитный, левитация

EXPRESS-CONTROL OF SALTS CONCENTRATION IN WATER DROPLETS OF EMULSIONS BY MAGNETIC LEVITATION METHOD

Kozelkova Valeriya Olegovna[1], Kashaev Rustem Sultanhamitovich[2],
Kozelkov Oleg Vladimirovich[3]
[1,2,3]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]kashaev2007@yandex.ru

Abstract: In the paper proposed theoretical foundation and description of the method for determination salts concentration in water droplets of emulsions using levitation of droplets in magnetic field. Method based on the determination on the difference between densities of water in droplet and paramagnetic solution, in which single droplet. Received the equation for concentration of salts determination from the droplet position in the cell. Conducted experimens.

Keywords: salts, water, droplet, magnetic, levitation.

Проблема простого и быстрого контроля концентрации солей в воде капель водных эмульсий достаточно остро стоит в лабораториях при установках очистки сырой нефти от воды, не имеющих оборудования для контроля по MOD-4100 S и электрометрическим методом по ASTMD-3230. В лабораториях вузов и нефтегазодобывающих управлений в последнее время используются также методы протонного магнитного резонанса [1], что требуют сложного оборудования и квалифицированного персонала. Метод магнитной левитации (МЛ) открывает возможности

определения плотности диамагнитных веществ по их левитации в парамагнитном растворе в магнитном поле. Эта технология применима к диапазону плотностей $\rho = 0{,}8...3$ г/см^3 с точностью до $\pm 0{,}02$ г/см^3 [2].

Соли сконцентрированы в основном в пластовой воде, которая в водонефтяных эмульсиях содержится в каплях, причем концентрация солей C в каплях может отличаться от концентрации в пластовой воде. Нами предложено применить технологию МЛ для измерений C непосредственно в каплях. Технология, названная нами *MagDens* может найти применение в лабораториях нефтепромыслов в парках подготовки нефти.

Предложенная установка для *MagDens* состоит из двух магнитов на сплаве NdFeB и магнитным полем $B_o = 0{,}3$ Тл, габаритами 50×50×25 мм, расположенных вертикально встречно магнитными полюсами на расстоянии $d = 45$ мм и ячейки с раствором соли $MnCl_2 \cdot 4H_2O$.

Во время левитации на капли воды действуют силы: магнитная ($F_{маг}$), выталкивающая ($F_{выт}$) и трения ($F_{тр}$). Капля в левитации при условии:

$$F_{маг} + F_{выт} + F_{тр} = 0. \qquad (1)$$

Капля удерживается во взвешенном состоянии под действием силы $F_{маг}$ поскольку диамагнетик всегда выталкивается из сильного поля в слабое:

$$F_{маг} = (M \cdot \nabla)B_o \quad \text{или} \quad F_{маг} = M_Z dB / dz, \qquad (2)$$

где ∇ – оператор набла; M – магнитный момент капли пропорциональный объему капли V и вычисляемый по формуле:

$$M = V\Delta\chi B/\mu_0, \qquad (3)$$

где $\mu_o = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м – магнитная постоянная; $\Delta\chi$ – разница магнитных восприимчивостей χ_S и χ_m диамагнитной капли и парамагнитного раствора.

На каплю в ячейке действует также выталкивающая сила:

$$F_{выт} = V\Delta\rho g, \qquad (4)$$

где $\Delta\rho = \rho_K - \rho_C$ – разность плотностей воды в капле и в парамагнитном растворе.

При движении со скоростью υ на каплю действует сила трения:

$$F_{\text{тр}} = 6\pi R\eta f\upsilon, \tag{5}$$

где R – радиус капли; η – динамическая вязкость парамагнитного раствора; коэффициент трения $f_D = 1$.

При равновесии капли можно записать:

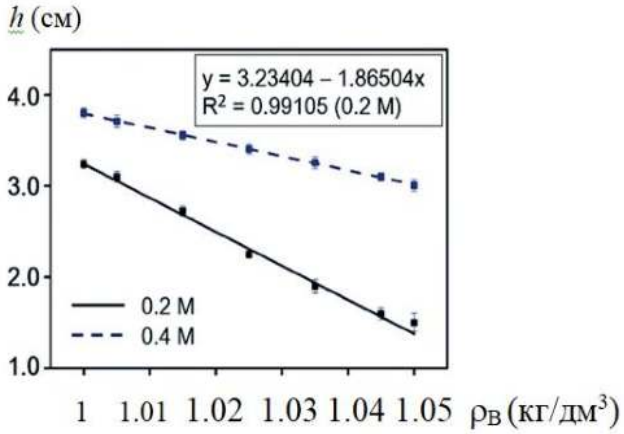
$$(V\chi_m / \mu_0)(B_x \partial B_z / \partial x + B_y \partial B_z / \partial y + B_z \partial B_z / \partial z) = V(\rho_S - \rho_m)g, \tag{6}$$

где $\chi_c \approx 4 \cdot 10^{-6}$, $\chi_S \approx 3{,}2 \cdot 10^{-4}$ М$^{-1}$.

Силы можно записать:

$$F_{\text{маг}} + F_{\text{выт}} = ((\rho_K - \rho_C)Vg + 1/\mu_o)(\chi_S - \chi_m)V(B \cdot \nabla)B = 0. \tag{7}$$

Эти две силы балансируют вдоль оси между магнитами (см. рисунок).



Зависимость h высоты левитации капли в растворе 0,2М (сплошная прямая) и 0,4М (пунктирная) $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ от плотности воды в капле

Из уравнений (6) и (7) h капли пропорциональна $\Delta\rho$ и определяется из уравнения:

$$h = \{[(\rho_K - \rho_C)g\mu_o d]/[(\chi_S - \chi_m)4B_o^2] + d/2. \tag{8}$$

Измеряя h и используя уравнение (8) можно определять $\Delta\rho = (\rho_K - \rho_C)$ из уравнения:

$$(\rho_K - \rho_C) = (2h - d)[(\chi_S - \chi_m)4B_o^2/2g\mu_o d\ . \quad (9)$$

Определив плотность ρ_K и зная плотность парамагнитного раствора ρ_C, можно по известным соотношениям между плотностью раствора и концентрацией солей пластовой воды [3],$73 \cdot NaCl + 0{,}2 \cdot CaCl_2 + 0{,}07 \cdot MgCl_2$:

$$\rho_K = 0{,}9976 + 0{,}0074C. \quad (10)$$

Определять C в диапазоне C (М) = 0...6 М с СКО ≈ 0,3.

Оценка погрешность метода *MagDens* показала, что метод не хуже метода ПМР-релаксометрии [1], но проще и экономически предпочтительнее.

Источники

1. Козелков О.В., Кашаев Р.С. Приборные и мехатронные комплексы в нефтяной промышленности и энергетике: монография. Махачкала: Апробация, 2019. 112 с.

2. Mirica K.A., Shevkoplyas S.S., Phillipset S.T. Measuring densities of solids and liquids using magnetic levitation: fundamentals // Journal of American Chemical Society. 2009. Vol. 131, Iss. 29. Pp.10049–10058.

3. Технологии экспресс-контроля и очистки нефти от примесей в мехатронной установке с управлением от приборно-программного комплекса на базе ПМР-релаксометрии / О.В. Козелков [и др.] //Химическая технология. 2022. Т. 23, № 3. С. 131–137.

УДК 621.865.8, 681.5.08

МОБИЛЬНЫЙ МЕХАТРОННЫЙ МОДУЛЬ ВАКУУМНОЙ ТЕРАПИИ

Ломакин Игорь Владимирович[1], Самохвалова Кристина Юрьевна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]lomakin_igor@mail.ru, [2]kristina.samokhvalova.00@mail.ru

На основе анализа современных аппаратов для вакуумной терапии, определены требования к измерительному каналу мехатронного модуля, обеспечивающего контроль и управление вакуумом под присоском. Разработан алгоритм функционирования канала контроля и управления вакуумом и на его основе предложена схема устройства. Для выбранных процессора и датчика давления разработан программный код реализующий заданный алгоритм функционирования канала контроля и управления. Работоспособность устройства проверена на действующем макете канала контроля и управления мехатронного модуля.

Ключевые слова: мехатронный модуль, микроконтроллер, датчик давления, контроль, управление вакуумная терапия

MOBILE MECHATRONIC VACUUM THERAPY MODULE

Lomakin Igor Vladimirovich[1], Samokhvalova Kristina Yuryevna[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]lomakin_igor@mail.ru, [2]kristina.samokhvalova.00@mail.ru

Based on the analysis of modern vacuum therapy devices, the requirements for the measuring channel of the mechatronic module providing control and control of vacuum under the suction cup are determined. An algorithm for the functioning of the vacuum monitoring and control channel has been developed and a device scheme has been proposed based on it. For the selected processor and pressure sensor, a program code has been developed that implements a given algorithm for the functioning of the control and control channel. The device's operability was tested on the current layout of the mechatronic module control and control channel.

Keywords: mechatronic module, microcontroller, pressure sensor, control, control vacuum therapy.

В настоящее время вакуумный массаж осуществляется при помощи специализированных аппаратов, с помощью которых достаточно быстро и безболезненно разрушаются значительные жировые отложения под кожей, а также активизируется лимфоотток и как следствие вывод из организма накопившихся за долгое время шлаков и устранения отечности [1].

Целью работы является совершенствование канала контроля и управления вакуумом непосредственно в насадке аппарата вакуумного массажа.

Актуальность данной темы заключается в том, что необходимо повышение качества новых способов вакуумного лечения и повышение степени универсальности аппаратных средств за счет разработки аппликатора в виде мехатронного модуля и совершенствования канала контроля и управления вакуумом.

В исследовании используются методы современной теории программирования микроконтроллеров, математического и компьютерного моделирования.

Анализ аппаратов для вакуумной терапии показал, что в настоящее время они специализируются по двум основным направлениям: устройства для лечения ран отрицательным давлением и, собственно, устройства для стимулирующий массажа [2, 3]. В устройствах для вакуумного массажа регуляторы скорости изменения разрежения выполняются в виде клапанов с регулируемым проходным сечением [4]. В мобильном переносном вакуумном аппарате для баночного массажа регулировка давления осуществляется путем дросселирования, что приводит к повышенному расходу энергии [5]. Для получения оптимального результата и лучшего эффекта от использования данных устройств необходимо, чтобы в приборах были предусмотрены регулировка давления вакуумного массажа и несколько уровней интенсивности воздействия на кожу пациента [6].

Поэтому создание мехатронного модуля для вакуумной терапии, воздействующего на отдельные части тела является необходимым. Необходимо, чтобы прибор работал периодически, то есть воздействовал на организм попеременно отрицательным и атмосферным давлением, а также мог воздействовать на отдельные части тела, соответственно применяться местно [6].

На основе анализа современных аппаратов для вакуумной терапии, определены требования к измерительному каналу мехатронного модуля, обеспечивающего контроль и управление вакуумом под присоском. В результате исследования на основе подробного изучения объекта управления был получен алгоритм функционирования канала контроля вакуумметрического давления и на его основе предложена схема устройства.

Работоспособность устройства проверена на действующем макете измерительного канала мехатронного модуля [6]. Предварительная проработка конструкции мехатронного модуля позволяет примерно оценить его

габаритные размеры. Модуль предполагается выполнить в цилиндрическом корпусе диаметром 50–60 мм с панелью управления и пазом для установки эластичных насадок. Полый герметичный корпус будет играть роль небольшого рессивера.

Выводы. Разрабатываемый мехатронный модуль, являясь мобильным и автономным управляемым аппликатором позволит расширить области применения вакуумного лечения, за счет использования любых доступных источников вакуума.

Источники

1. Вакуумный массаж [Электронный ресурс]. URL: https:// www.kosmetologiya.by/vakuumnuj_massaj/ (дата обращения 10.08.2022).
2. Устройство для лечения инфицированных и гнойных ран: пат. 2687567 Рос. Федерация № 2018124920; заявл. 09.07.2018; опубл. 15.05.2019, Бюл. № 14. 6 с.
3. Устройство и способ лечения ран отрицательным давлением: пат. 2582866 Рос. Федерация № 2013133169/14; заявл. 22.06.2011; опубл. 27.04.2016, Бюл. № 12. 48 с.
4. Устройство для вакуумного массажа: пат. Патент 2454215 Рос. Федерация № 2011106005/14; заявл. 18.02.2011; опубл. 28.06.2018, Бюл. № 18.
5. Вакуумный аппарат для баночного массажа: п. м. 177250 Рос. Федерация № 2017123313; заявл. 30.06.2017; опубл. 14.02.2018, Бюл. № 5. 6 с.
6. Самохвалова К.Ю. Разработка и исследование информационного измерительного канала мехатронного модуля для вакуумной терапии [Электронный ресурс] // Тинчуринские чтения – 2022 «Энергетика и цифровая трансформация»: электр. сб. ст. Междунар. молод. науч. конф. Казань, 2022. Т. 3. С. 224–227.

УДК 21474

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ МИКРОКЛИМАТА В ПОМЕЩЕНИИ

Мартышов Андрей Сергеевич[1], Ломакин Игорь Владимирович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]Andreii-1999@yandex.ru, [2]lomakin_igor@mail.ru

В статье рассматривается проектирование модели устройства мониторинга микроклиматических параметров в помещении. В устройстве должен быть предусмотрен вывод информации о состоянии контролируемой среды на монитор, а также рекомендаций по поддержанию микроклимата. Так же проектируемое устройство подразумевает наличие встраиваемого вентилятора (в окно, форточку) для частичного регулирования параметров микроклимата помещения.

Ключевые слова: мониторинг, микроконтроллер, температура и влажность воздуха, микроклиматические параметры, микроклимат.

DEVELOPMENT OF INDOOR CLIMATE CONTROL DEVICE

Martyshov Andrei Sergeevich[1], Lomakin Igor Vladimirovich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]Andreii-1999@yandex.ru, [2]lomakin_igor@mail.ru

The article proposes a designed model of a device for monitoring microclimatic parameters in a room. The system should provide for the output of information on the monitor about the state of the controlled environment, and recommendations for maintaining the microclimate. The designed device also implies the presence of a built-in fan (in a window, a window pane) for partial regulation of the parameters of the microclimate of the room.

Keywords: Monitoring, microcontroller, air temperature and humidity, microclimatic parameters.

Мониторинг микроклиматических показателей зачастую требует комплексного подхода – немаловажно не просто контролировать параметры помещения, но и учитывать их взаимосвязь. Процесс контроля микроклимата обязателен как для большинства помещений промышленного масштаба, так и для любых других помещений, и требует применения специализированного измерительного оборудования, отличающегося высокими показателями точности.

Актуальность данной темы заключается в том, что в настоящее время управление микроклиматом помещения выполняется не всегда своевременно и правильно, отсутствует автоматический мониторинг, отсюда неудобство использования такой системы, повышаются энергозатраты. Поэтому очень важно иметь комплексное решение состоящее из аппаратных и программных средств, которое будет частично контролировать

микроклимат помещения, выполнять постоянное и непрерывное измерение параметров микроклимата на подконтрольных объектах, фиксировать происходящие события и сигнализировать об отклонениях [1].

Микроклиматические параметры оказывают значительное влияние на широкий спектр факторов, необходимых для работы и жизнедеятельности в помещении. Например от температуры воздуха в помещении зависит комфортность пребывания сотрудников. Поддержка правильной температуры воздуха в помещении дает возможность регулировать защитные процессы организмов, предотвращать распространение заболеваний работников и т. д. Помимо этого поддержка температуры необходима для осуществления процессов на производстве, таких как хранение различной продукции и материалов.

Относительная влажность воздуха играет существенную роль для обеспечения комфортных условий на различных типах объектов. Поддержание необходимой влажности воздуха в помещениях необходима для того, чтобы сотрудники эффективно проводили трудовой день, тем самым исключая ряд факторов, способных нанести вред оборудованию и препятствующих правильному хранению материалов.

Скорость движения воздуха также необходимо учитывать при формировании микроклимата в различных типах помещений. Мониторинг этого показателя необходим для правильного воздухообмена в помещении, благоприятного влияния на самочувствие трудящихся. Одна и та же скорость движения воздуха при различной температуре может влиять на организм как положительно, так и отрицательно. Именно поэтому для комплексного мониторинга и регулирования всех рассматриваемых параметров микроклимата применяются многофункциональные приборы и комплексы мониторинга.

Микроклимат помещений — это климат внутренней среды помещений, который определяется комплексными показателя действующими на организм человека. Этими показателя являются: температура, относительной влажность и скорость движения воздуха [2].

Целью диссертации является проектирование устройства мониторинга микроклиматических параметров помещения. В устройстве должен быть предусмотрен вывод информации о состоянии среды на монитор, и рекомендациях по поддержанию микроклимата. Так же разрабатываемое устройство подразумевает наличие встраиваемого в форточку вентилятора для частичного регулирования параметров микроклимата помещения.

Для достижения поставленной цели необходимо:

1. Изучить уже существующие приборы мониторинга микроклимата помещений, изучить принцип их работы, технические характеристики и применимость к помещению.

2. Подобрать электронные датчики, с учетом их технических параметров, стоимости и надежности.

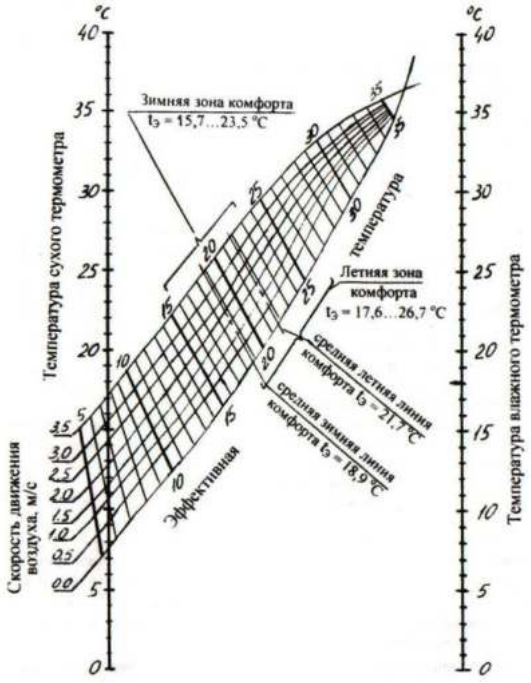
3. Написать программу для микроконтроллера.

4. Составить структурную и функциональную схемы устройства.

Для решения поставленных задач нужно произвести поиск доступных на рынке комплектующих, необходимых для реализации проекта. Необходимо подобрать программную среду и изучить язык электрических схем. программирования для написания программы под выбранный микроконтроллер. Изучить государственные стандарты по составлению и оформлению принципиальных схем.

Микроклимат помещения – это комплекс физических факторов, характеризуемый тремя показателями: влажность воздуха, температура и скорость воздуха. При определенных сочетаниях этих показателей организм человека испытывает те или иные ощущения. Если состояние внутренней среды не оптимально для здорового функционирования, то микроклимат оказывает негативное воздействие на иммунитет, работоспособность и возможность полноценно отдохнуть [3].

Различные сочетания параметров микроклимата, могут вызывать у человека одинаковые тепловые ощущения. На этом основано введение так называемой эффективно-эквивалентной температуры, характеризующей ощущения человека при одновременном воздействии влажности, температуры и скорости движения воздуха. Температуру и зону комфорта можно определять по номограмме (см. рисунок). ЭЭТ оказывает тот же тепловой эффект, что и неподвижный воздух при относительной влажности в 100 % и определенной температуре [4].



Номограмма

В ходе выполнения данной работы была изучена литература, описывающая работу устройств по измерению, поддержанию и регулированию микроклиматических параметров в помещении. Были рассмотрены существующие на рынке устройства, получены практические навыки работы с программами для моделирования и проектирования электронных схем, с микроконтроллером и периферийными электронными компонентами. Управление комплексом микроклиматических параметров будет осуществляться с помощью скорости вращения встроенного вентилятора аналогично тому, как это описано в статье «Регулирование температуры индивидуального теплового пункта изменением частоты вращения асинхронного двигателя» [5].

Источники

1. Пихтовиков С. В., Груденко Р. П. Разработка системы контроля микроклимата помещения [Электронный ресурс]. URL: http://birskin.ru/index.php/2012-03-27-12-36-17/45-5-/227-2016-04-22-16-59-30?format=pdf (дата обращения: 27.10.2022).

2. Орлова М.А., Архипова Т.Н. Безопасность жизнедеятельности: метод. указания для выполнения лаб. занятий. Самара: РИЦ СГСХА, 2012. 60 с.

3. Параметры микроклимата производственных помещений [Электронный ресурс]. URL: https://knowledge.allbest.ru/life/3c0b65625b3ac78a5d43a89421306d36_0.html?ref=vc.ru (дата обращения 30.10.2022).

4. Эффективная температура [Электронный ресурс] // Большая медицинская энциклопедия / под ред. Б.В. Петровского. 3-е изд. URL: http://xn--90aw5c.xn--c1avg/ (дата обращения: 30.03.2021).

5. Синюкова Т.В., Синюков А.В. Регулирование температуры индивидуального теплового пункта изменением частоты вращения асинхронного двигателя // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 4. С. 156–165.

УДК 621-317

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ФИЛЬТРОВ В ЦИФРОВОМ КАНАЛЕ ИЗМЕРИТЕЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В МИКРОКОНТРОЛЛЕРАХ СЕРИЙ ARM

Мухаметшин Азат Ильдусович[1], Малев Николай Анатольевич[2],
Ахметсагиров Рамиль Ильясович[3]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[3]Набережночелнинский институт (филиал) КФУ, г. Набережные Челны
[1]mo2825@yandex.ru, [2]maleeev@mail.ru, [3]inekaram@yandex.ru

В статье приведены результаты сравнения различных БИХ и КИХ фильтров в измерительном канале температуры на основе NTC термистора и микроконтроллера на основе STM32F103C6Tx. Рассмотрены рекурсивные фильтры 1-го и 2-го порядка, а также нерекурсивный фильтр 33-го порядка. Проведена экспериментальная проверка цифровых фильтров с оценкой их ресурсоемкости в памяти микроконтроллера.

Ключевые слова: Цифровые фильтры, рекурсивные и нерекурсивные цифровые фильтры, микроконтроллер, датчик температуры, структурные схемы фильтров, MatLAB Filter Designer.

STUDY OF DIGITAL FILTERS IN THE DIGITAL CHANNEL OF A TEMPERATURE METER IN MICROCONTROLLERS OF THE ARM SERIES

Mukhametshin Azat Ildusovich[1], Malev Nikolay Anatolyevich[2],
Akhmetsagirov Ramil Ilyasovich[3]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[3]Naberezhnye Chelny Institute (branch) KFU, Naberezhnye Chelny

The article presents the results of comparing various IIR and FIR filters in the temperature measurement channel based on an NTC thermistor and a microcontroller based on STM32F103C6Tx. Recursive filters of the first and second order, as well as a non-recursive filter of the 33rd order are considered. An experimental verification of digital filters was carried out with an assessment of their resource consumption in the microcontroller memory.

Keywords: Digital filters, recursive and non-recursive digital filters, microcontroller, temperature sensor, block diagrams of filters, Matlab Filter Designer.

При синтезе и реализации цифровых систем управления и контроля возникает необходимость фильтрации данных, получаемых с первичных преобразователей [1, 2]. При реализации фильтра при помощи RC-цепей влечет за собой цель минерализации порядка фильтра, который эквивалентен

минимальному числу элементов емкостей. Программируемые логические интегральные схемы и системы на кристалле, могут по-другому реализовывать алгоритмы. В цели эксперимента не входит борьба с синфазными наводками, а также преследуются максимальное упрощение измерительной цепи, поэтому была собрана следующая измерительная схема (рис. 1). В данной схеме термистор R_t и сопротивление R_1 образуют делитель напряжения для измерительной схемы. Напряжение на выходе с данной схемы определяется как:

$$u_{\text{вых}} = \frac{u_{VCC} * R_1}{R_t + R_1}, \tag{1}$$

где u_{VCC} – напряжения питания схемы; R_t – сопротивление термистора; R_1 – сопротивление нижнего плеча делителя напряжения.

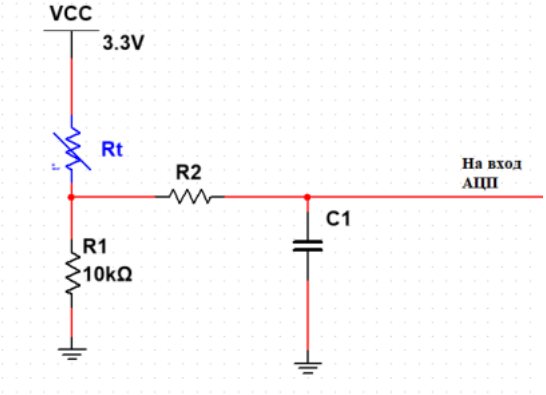


Рис. 1. Устройство измерительной схемы первичного преобразователя

Резистор R_2 и C_1 образуют фильтр нижних частот с частотой среза, согласно теореме Котельникова – Найквиста, равную $0,2 f_{\text{д}}$, где $f_{\text{д}}$ – частота дискретизации аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Температура вычисляется согласно уравнению Стейнхарта – Харта:

$$t = \frac{1}{\frac{1}{t_0} + \frac{1}{B} * \ln\left(\frac{u_{VCC} * R_1}{u_{\text{вых}}} - R_1\right) / R_0} - 273{,}15, \tag{2}$$

где $T_0 = 298{,}15$ К; B – параметр определяемый из конструктивных особенностей термистора; R_0 – сопротивление термистора, при температуре T_0.

Для описания любого цифрового фильтра достаточно знать два вектора его коэффициентов:

– коэффициенты числителя передаточной функции цифрового фильтра:

$$b = [b_0 b_1 ... b_M];$$

– коэффициенты знаменателя передаточной функции цифрового фильтра:

$$a = [a_0 a_1 ... a_N].$$

КИХ фильтры – нерекурсивные. Для вычисления значения на выходе фильтра используются только текущее и задержанные значения входа. В разностном уравнении есть только коэффициенты при *x*:

$$y(n) = b_0 x(n) + b_1 x(n-1) + ... + b_M x(n-M). \quad (4)$$

БИХ фильтры – рекурсивные, для вычисления значения на выходе фильтра используются как значения входа, так и задержанные значения выхода:

$$y(n) = b_0 x(n) + b_1 x(n-1) + ... + b_M x(n-M) - \\ -a_1 y(n-1) + a_2 (n-2) + ... a_N x(n-N). \quad (5)$$

Для экспериментов были спроектированы БИХ фильтр 1-го порядка и БИХ фильтр 2-го порядка так, чтобы его АЧХ была максимально гладкой на частотах полосы пропускания и ких фильтр 33-го порядка синтезированный оконным методом. После синтеза цифровые фильтры были загружены в микроконтроллер и проведены эксперименты с их последующей обработкой в программе MatLAB. Графики, построенные по экспериментальным данным, приводятся на рис. 2.

Из графика видно, что БИХ фильтр 2-го порядка имеет статическую ошибку в 0,6 градуса. Параметры цифровых фильтров, полученные из анализа экспериментальных данных, приводятся в таблице.

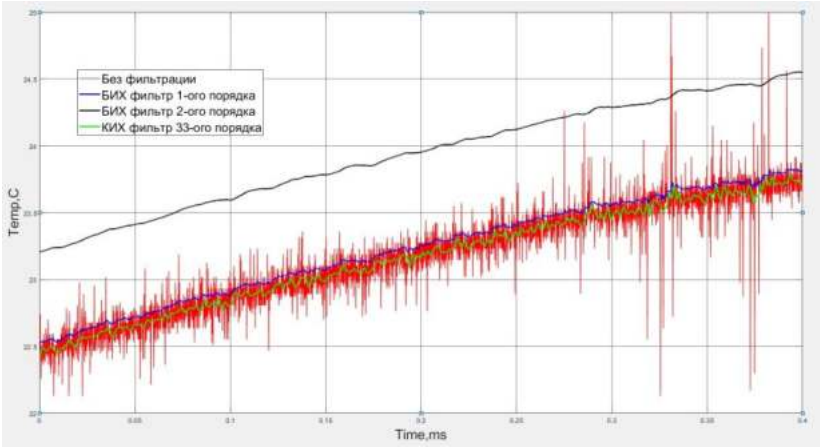


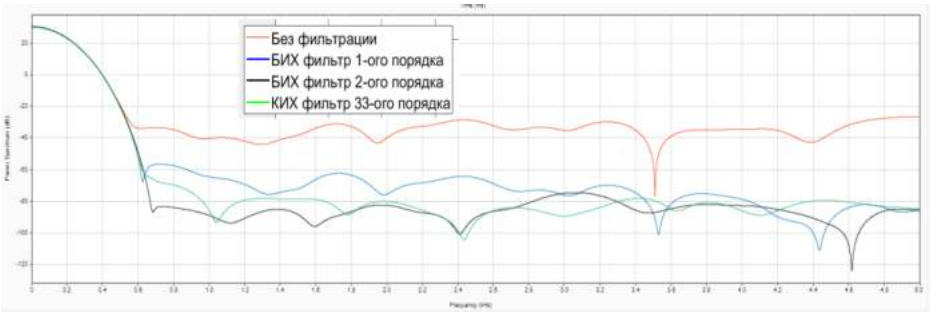
Рис. 2. Экспериментальная проверка цифровых фильтров

Таблица

Параметры фильтров, полученные из экспериментальных данных

Тип фильтра	Статическая ошибка, С	Размах (ср), С	Задержка фильтра, мс	Крутизна спада АЧХ, дб/окт	Объём, занимаемый фильтром в памяти МК, кБ
Без фильтрации	–	1,2	–	–	–
БИХ фильтр 1-го порядка	0	0,1	3,13	25	0,16
БИХ фильтр 2-го порядка	0,6	0,05	5,42	53	0,25
КИХ фильтр 33-го порядка	0	0,12	1,65	43	0,36

Из анализа графика видно, что исходный сигнал сильно зашумлен, что сильно осложняет синтез регуляторов для управления температурой, а низкое запаздывание вносимая КИХ фильтром можно практический не учитывать при синтезе регулятора. Применение КИХ фильтра 33-го порядка позволяет ослабить сигнал вне полосы пропускания на 80 Дб (рис. 3).



Спектры сигналов без фильтрации и с применением фильтра

Источники

1. Алгоритм параметрической идентификации электропривода постоянного тока с применением инверсной модели / Н.А. Малев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 6. С. 119–133.

2. Цифровой алгоритм контроля функционирования электромеханического преобразователя постоянного тока / Н.А. Малев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 1. С. 126–140.

3. Каплун Д.И. Разработка и исследование нерекурсивных цифровых фильтров без умножений // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 4. С. 117.

4. Аверченко А.П., Медведков А.Ю., Садыков Ж.Б. Использование математических пакетов Matlab & Simulink при разработке цифровых фильтров // Технические науки в России и за рубежом: матер. III Междунар. науч. конф. М., 2014. С. 24–26.

5. Hussein Sh.M., Turulin I.I. Analysis of matlab system applicability for synthesis of controlled butterworth digital recursive iir filters // Известия ЮФУ. Технические науки. 2021. № 3 (220). С. 72–82.

УДК 62-533

ПРИМЕНЕНИЕ АМПЕРОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КИСЛОРОДА В ВОДЕ

Мухаметшин Самат Маратович[1], Львова Татьяна Николаевна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]81.ahonev@mail.ru, [2]tn.lvova@yandex.ru

В статье предлагается использование амперометрического метода определения кислорода в воде. Рассматривается возможность разработки на основе микроконтроллера *Arduino* прибора, позволяющего достаточно точно поддерживать заданный уровень насыщения воды кислородом и осуществлять его автоматизированный контроль. Использование более дешевого и надежного прибора приведет к уменьшению расходов на содержание небольших бассейнов для разведения рыбы. Это может способствовать более интенсивному развитию рыбоводческих фермерских хозяйств.

Ключевые слова: амперометрический метод, датчик кислорода, микроконтроллер *Arduino*, автоматизированный контроль, рыбохозяйственные комплексы, насыщение воды кислородом.

APPLICATION OF THE AMPEROMETRIC METHOD FOR THE DETERMINING OXYGEN IN WATER

Mukhametshin Samat Maratovich[1], Lvova Tatiana Nikolaevna[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]81.ahonev@mail.ru, [2]tn.lvova@yandex.ru

The application of the amperometric method for determining oxygen in water is proposed in the article. The possibility of developing a device based on an Arduino microcontroller is being considered. This allows you to accurately maintain a given level of oxygen saturation of water and carry out its automated control. The use of the cheaper and more reliable device will lead to the reduction in the cost of maintaining small fish breeding pools. This can give an impetus to more intensive development of fish farms.

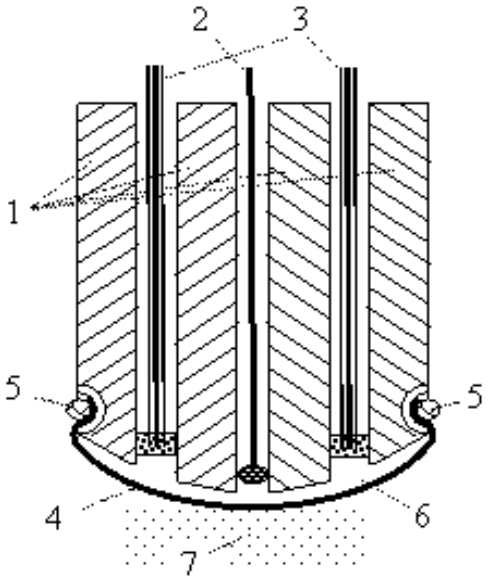
Keywords: amperometric method, oxygen sensor, Arduino microcontroller, automated control, fisheries complexes, oxygen saturation of water.

Измерительные приборы для определения уровня кислорода в воде используются в самых разных областях, в частности, в рыбохозяйственных комплексах. Кислород, содержащийся в составе воды необходим рыбам для полноценного дыхания [1, с. 1]. Поэтому при разведении рыбы в прудах и, особенно, в бассейнах возникает необходимость контроля воды и насыщения ее кислородом. В связи с этим, рассматриваются датчики кислорода для рыбохозяйственных комплексов.

В [2, с. 3] обсуждалась автоматизированная система регулирования параметров на основе электропривода постоянного тока. В данной работе рассматривается возможность разработки прибора, позволяющего регулировать подачу кислорода и, способного без участия оператора регулировать количество кислорода в воде. Несложная конструкция в сочетании с достаточно высокой надежностью способна повысить уровень контроля за состоянием воды в бассейне рыбного хозяйства. Проведенные исследования показали, что отечественных аналогов датчиков кислорода практически нет, а их цена неприемлема для использования в небольших рыбных хозяйствах. Благодаря свойствам используемых материалов возможно создание более дешевого и достаточно надежного измерителя кислорода в воде. Последние изобретения в области электроники и микроэлектроники позволяют достаточно точно поддерживать заданный уровень насыщения воды кислородом, осуществлять его автоматизированный контроль.

Предлагается использовать амперометрический метод определения кислорода в пресной воде. Приборы, использующие амперометрические датчики, характеризуются высокой линейностью в широком диапазоне измеряемых концентраций газов, надежностью, относительной простотой конструкции и дешевизной [3, с. 1]. Рабочий диапазон измеряемых концентраций можно регулировать изменением величины приложенного напряжения.

Для измерения используется датчик Кларка, состоящий из мембраны, которая покрывает амперометрический сенсор [4, с. 3].



Строение амперометрического датчика

В цилиндрическом корпусе, выполненном из пластмассы *1* имеются отверстия для проводников, в которых располагается электрод-индикатор *2* из платины и электрод для сравнения *3* из серебряных проволок, их концы покрыты слоем хлорида серебра. Нижняя часть корпуса обтягивается газопроницаемой мембраной из полипропилена *4*. Мембрана фиксируется на корпусе при помощи резинового кольца *5*. Между электродами и мембраной заливается водный раствор хлорида кальция *6*. Мембрана контактирует с водной средой *7* [4, с. 3].

Если кислорода нет, то при подаче напряжения между электродом сравнения и электродом-индикатором разность потенциалов стремится к нулю. При наличии в контактируемой среде кислорода, молекулы диффундируют сквозь мембрану *4* и через раствор *6*. Когда они достигают индикаторного электрода *2*, то благодаря свойствам платины происходит реакция восстановления [5, с. 1]:

$$O_2 + 4e^- + 4H^+ = 2H_2O \qquad (1)$$

из-за чего возникает электрический ток. Этот ток линейно зависит от концентрации кислорода в контролируемой среде. В предлагаемом устройстве будет использоваться возникающий электрический ток, который необходимо усилить, и подать на микроконтроллер *Arduino* [6, с. 1] для расчета и вывода данных об уровне кислорода на *LCD* экран.

Использование предлагаемого прибора может привести к уменьшению расходов на содержание небольших бассейнов для рыбы или аквариумов. Что может дать новый импульс развитию рыбоводческих фермерских хозяйств.

Источники

1. Контроль качества воды при разведении рыбы [Электронный ресурс]. URL: https://аква-лаб.рф/blog/post/104-kontrol-kachestva-vody-pri-razvedenii-ryby- (дата обращения: 08.11.2022).

2. Алгоритм параметрической идентификации электропривода постоянного тока с применением инверсной модели / Н.А. Малёв [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 6. С. 119–133.

3. Родионов А.К. Амперометрические приборы. Сегодняшний день и перспективы развития [Электронный ресурс]. URL: https://shamrin.ru/amperometricheskiy-datchik-chto-eto/ (дата обращения: 08.11.2022).

4. Амперометрические и кулонометрические сенсоры [Электронный ресурс]. URL: https://intuit.ru/studies/courses/590/446/lecture/9934?Page=3 (дата обращения: 08.11.2022).

5. Стандартные потенциалы электродных процессов. Кислород [Электронный ресурс]. URL: https://www.chem-astu.ru/science/reference/potentials/fi.php?a=O (дата обращения: 08.11.2022).

6. Arduino Hardware [Электронный ресурс]. URL: https:// www.arduino.cc/en/hardware (дата обращения: 08.11.2022).

УДК 621.311.68

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ЗАРЯДКИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ В ИСПЫТАТЕЛЬНОМ ОБОРУДОВАНИИ

Муханова Полина Петровна[1], Цветков Алексей Николаевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]muhanova-polina@mail.ru

Для обеспечения высокой надежности мобильных зарядных станций важно достоверное измерение токов и напряжений. С этой целью используют специализированные датчики, необходимые также для определения разбаланса токов, мониторинга и диагностики цепей, запуска схем защиты, обнаружения отказов электрооборудования и аварийных состояний различных типов нагрузки.

Ключевые слова: датчик Холла, трансформатор тока, резистор, постоянный ток, переменный ток.

METHODS FOR MEASURING QUANTITIES WHEN CARRYING OUT VARIOUS CHARGING METHODS FOR MOBILE CHARGERS IN TEST EQUIPMENT

Muhanova Polina Petrovna[1], Tsvetkov Alexey Nikolaevich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]muhanova-polina@mail.ru

Reliable measurement of currents and voltages is essential to ensure the high reliability of mobile charging stations. For this purpose, specialized sensors are used, it is also necessary to determine the imbalance of currents, monitor and diagnose circuits, start protection circuits, detect electrical equipment failures and emergency conditions of various types of loads.

Keywords: Hall sensor, current transformer, resistor, direct current, alternating current.

Электромобильный транспорт – одно из наиболее перспективных направлений развития транспортной отрасли. Зарядная инфраструктура является важным этапом развития рынка электромобилей.

Для электромобилей важно отслеживать и контролировать ток электромотора в режиме движения и токи заряда/разряда аккумуляторной батареи. С этой целью используют датчики тока и напряжения. Количество таких датчиков на борту электромобилей значительно выросло.

Существует три основных метода измерения тока: при помощи трансформатора тока, резистивный метод и метод на основе эффекта Холла. В таблице представлены основные характеристики наиболее

распространенных на рынке датчиков тока. Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки в частности, типе измеряемого тока, наличию гальванической развязки, относительной стоимости, точности измерения [3, с. 26].

Таблица

Сравнительные характеристики датчиков тока

Датчик	Трансформатор тока	Резистор	Ячейка Холла
Измеряемый ток	AC	AC/DC	AC/DC
Гальваническая развязка	Есть	Нет	Есть
Точность измерения	Очень низкая	Низкая	Высокая
Относительная стоимость	Высокая	Низкая	Средняя/высокая

Рассмотрим более подробно каждый из них.

Датчики на базе трансформаторов тока (ТТ), как правило, работают на сетевой частоте и не могут использоваться в цепях постоянного тока. Их стоимость превышает стоимость датчиков Холла. Их преимуществами можно считать отсутствие вносимых потерь и напряжения смещения при нулевом токе, гальваническую развязку с высоким пробивным напряжением. Так же для датчиков данного типа нет необходимости в наличии дополнительного источника питания [3, с. 27]. Недостатком ТТ является насыщение сердечника при нахождении в первичном токе постоянной составляющей, это приводит к необратимой деградации точности преобразования. Однако эту проблему можно решить изготовлением сердечника из материалов с высокой магнитной проницаемостью, только это, в свою очередь, увеличивает фазовый сдвиг в цепи измерения, уменьшает динамический диапазон и термостабильность.

Резистивные датчики – недорогие, но при этом не обладают высокой точностью измерения в широком температурном диапазоне. Им также присущи потери, вносимые в цепь измерения, отсутствие гальванической развязки, ограничение полосы пропускания, обусловленное паразитной индуктивностью большинства мощных резисторов, а также саморазогрев и термоЭДС при больших токах, снижающие точность измерения.

Первые промышленные датчики на основе эффекта Холла были разработаны в конце 1960-х гг. Однако широкое использование интегральных и гибридных датчиков тока такого типа долгое время сдерживалось их высокой стоимостью [5, с. 18]. Позже себестоимость производства ячеек Холла

снизилась за счет разработанных новых технологий. Это поспособствовало бурному росту предложения промышленных датчиков тока и других магниточувствительных полупроводниковых приборов. Суть эффекта Холла заключается в следующем: если полоска проводника или полупроводника помещена перпендикулярно силовым линиям магнитного поля, то на ее концах появляется напряжение.

Преимуществами датчика Холла являются способность работать при вибрациях, в помещениях с агрессивной средой и при высоких температурных диапазонах, а также возможность измерения постоянного и переменного тока и наличие гальванической развязки [4, с. 128].

Таким образом, каждый из рассмотренных видов датчиков имеет свои преимущества и недостатки, для выбора того или иного датчика необходимо принять во внимание область применения и специфические требования.

Источники

1. Развитие технологии мобильных зарядных станций для электромобилей / А.Р. Сафин [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 5. С. 100–114.

2. Locating multiple size and multiple type of charging station for battery electricity vehicles [Электронный ресурс] / Shaohua Cui [et al.] // Sustainability. 2018. Vol. 10, Iss. 9. URL: https://www.mdpi.com/2071-1050/10/9/3267 (дата обращения: 15.11.2022).

3. Данилов А. Современные промышленные датчики тока // Современная электроника. 2004. № 10. С. 26–35.

4. Гнейшев О. Высокочастотные датчики тока для гибридных и электромобилей серии SAA // Компоненты и технологии. 2011. № 9. С. 128–130.

5. Dickinson R., Milano S. Isolated Open Loop Current Sensing Using Hall Effect Technology in an Optimized Magnetic Circuit [Электронный ресурс]. URL: https://groups.engr.oregonstate.edu/ieee/dataaheets/bsp_v1_52.pdf (дата обращения: 15.11.2022).

УДК 543.429.23

УСОВЕРШЕНСТВОВАННИЕ МОДЕЛИ МАГНИТА ХАЛЬБАХА ДЛЯ РЕЛАКСОМЕТРА ПРОТОННОГО МАГНИТНОГО РЕЗОАНСА

Нгуен Дык Ань[1], Кашаев Рустем Султанхамитович[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]navypro1991@gmail.com

В статье реализуется новая конфигурация магнита Хальбаха для релаксометра протонного магнитного резонанса ПМР-*NP*3, предназначенная для выполнения экспресс-контроля свойств жидких и твердых протонсодержащих веществ методом ПМР-релаксометрии в образцах увеличенного объема при диаметре радиочастотной катушки датчика до ∅35 мм. Магнит состоит из постоянных магнитов из сплава на основе редкоземельного элемента NdFeB и имеет малый вес.

Ключевые слова: магнит, протонный, магнитный, резонанс.

IMPROVEMENT OF THE CHALBACH MAGNET MODEL FOR RELAXOMETER OF PROTON MAGNETIC RESONANCE

Nguyen Dyk Anh[1], Kashaev Rustem Sultanhamitovich[2]
1,2Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]navypro1991@gmail.com

In the paper realized new configuration of Chalbach magnet for relaxometer of proton magnetic resonance ПМР-*NP*3, destined for execution of express-control of liquid and solid protons containing matter properties by the method of PMR-relaxometry in the samples of extended volume in the diameter up to ∅35 мм of the radiofrequency probehead coil. Magnet consists from permanent magnets on the base of the rear earth element NdFeB and has small weight.

Keywords: magnet, proton, magnetic, resonance/

Одним из самых сложных элементов ПМР-анализаторов является магнитная система датчика, от которой во многом зависит погрешность измерений [1]. Магнитная сборка Хальбаха (МХ) [2] с дискретными магнитами, которая широко используется в построении магнитного датчика ПМР-анализаторов [3], обладает большим количеством преимуществ – малые габариты и вес, хорошая помехоустойчивость и малое рассеяние магнитного поля во внешнее пространство.

Целью данной работы является разработка составных частей магнитной системы датчика разрабатываемого проточного портативного ПМР-анализатора для оперативного контроля состава жидкостей, полимеров и твёрдых веществ [4–6].

Магнит Хальбаха (далее МХ) представляет собой концепцию специального построения постоянных квадратных магнитов типа NdFeB N33 размером 10×10×10 мм, расположенных в пространстве в определённом порядке, с учётом полярности каждого магнита. Главная задача МХ – создать однородное поперечное магнитное поле внутри сборки, позволяющее использовать радиочастотные катушки датчика релаксометра ПМР внутри магнита [6]. МХ усиливает магнитное поле в её центре и поглощает внешние силовые линии поля. Однородность магнитного поля кольца зависит от угла Φ_1положения центра постоянного магнита и угловой ориентации его намагниченности Φ_2, соотношение между этими величинами представлено уравнением:

$$\varphi_2 = k\varphi_1, \tag{1}$$

Статическое магнитное поле B_0 в центре кольца представлено уравнением (2):

$$B_0 = B_r \ln\left(r_2/r_1\right), \tag{2}$$

где B_o – магнитная индукция в центре; B_r – остаточная намагниченность магнитов; r_1 и r_2 – внутренний и внешний радиусы кольца.

Испытание конструкции, выстроенной по описанию, взятому из статьи [7], из 16 квадратных магнитных элементов NdFeB35 размером 5×5×20 мм (рис. 1) показала, что в диаметре зазора – 30 мм магнитное поле составляет 0,1388 Тл (ν_0 = 6,38 МГц) с неоднородностью $\Delta B/B_0$ от $3 \cdot 10^{-3}$ до $2 \cdot 10^{-2}$ в объеме 392 мм^3 круглой призмы диаметром 5 мм и высотой 5 мм.

Рис. 1. Конструкция МХ по статье [7]

Размер и напряженность магнитного поля в зазоре зависят от количества и размера магнитных элементов в магнитном кольце. Чтобы минимизировать $\Delta B/B_0$ структура МХ должна быть более сложная. В статьях Блюмлера и Солтнера о «Магните Mandhalas» и «Многослойном магните Хальбаха для ЯМР» Чена и Чжана утверждается, что укладка нескольких слоев магнитов улучшает неоднородность и значительно увеличивает индукцию магнитного поля в зазоре МХ. Кроме того, авторы предлагают размещать в середине зазора ферритовые стержни с высокой магнитной проницаемостью (от 10 000 до 15 000) для стабилизации магнитного поля и минимизации неоднородности магнитного поля.

Шесть слоев магнитов были уложены друг на друга и зафиксированы жесткими пластиковыми гайками (рис. 2). В каждом слое по 3 магнитных кольца, каждое из которых состоит из 16 элементов, расположенных по правилам. Между слоями разделительный акриловый диск толщиной 5 мм для оптимизации напряженности магнитного поля. Каркас для магнитных колец изготовлен методом лазерной резки на акриловой пластмассе. Метод лазерной резки на акриловой пластмассе обеспечивает точность, жесткость и минимизирует вес каркаса.Общий вес МХ составляет около 3 кг.

Рис. 2. Шестислойная конструкция магнита Хальбаха

Моделирование устройства в программе ANSYS Maxwell (рис. 3) показывает, что магнитное поле в зазоре 3-кольцевой магнитной структуры в 2,7...3 раза больше, чем у 1-кольцевой магнитной структуры. Однородная область магнитного поля в зазоре сильно расширена.

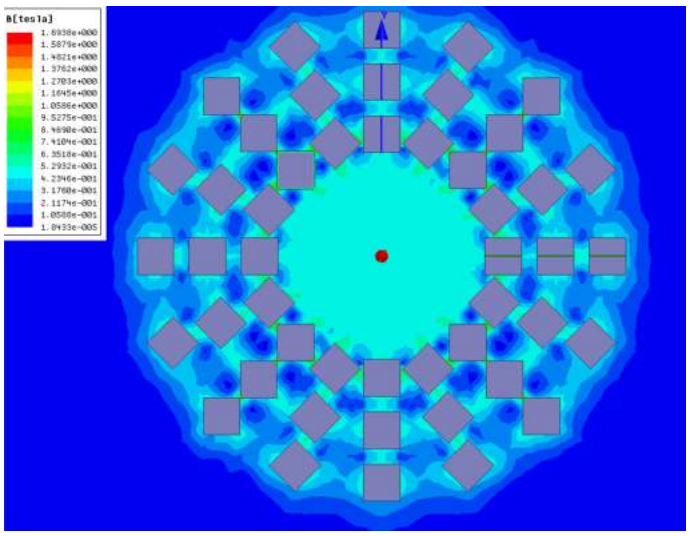


Рис. 3. Результаты моделирования 6-слойного МХ в ANSYS Maxwell

Для измерения магнитного поля в зазоре МСХ был сконструирован и изготовлен измерительный прибор - линейный датчик магнитного поля на эффекте Холла. В первой версии используется датчик *SS*49*E* (*AN*49SE). Однако он имеет диапазон измерения только от 0 до 0,125 Тл, поэтому его нельзя использовать для МСХс большими магнитными полями.

Вторая версия магнетометра использует микросхему *AD*22151*YZX*. При входном напряжении 5В и коэффициенте выходного сигнала датчика 0,4 мВ/G максимальный диапазон измерения может достигать 1,25 Тл. Использование датчика при измерении показано на рис. 4.

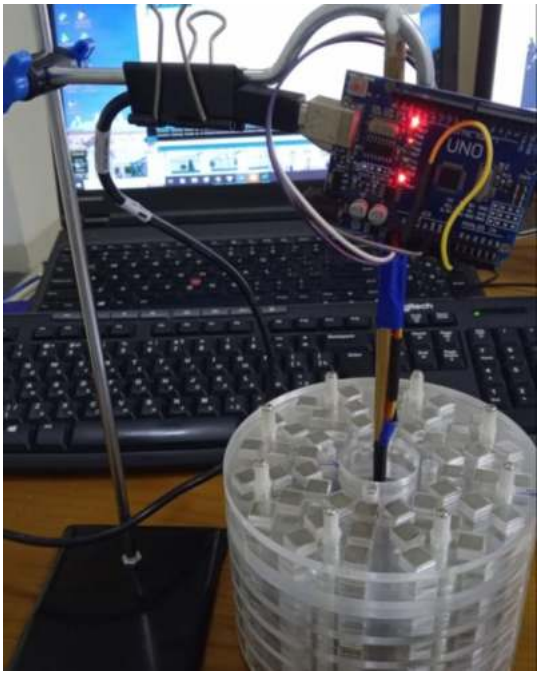


Рис. 4. Использование датчика на *AD*22151*YZX* для измерений

Программа считывает значение магнитного поля со встроенного в *Arduino Uno/Nano* датчика *AD*22151*YZX*. Микроконтроллер *ATMega*328 на *Arduino Uno/Nano* имеет 10-битный АЦП с частотой чтения 10 кбит/с. Щуп измерительного прибора и *Arduino* размещены на регулируемой по высоте подставке Данные рассчитываются и отображаются на мониторе компьютера через USB-соединение.

Результаты измерений показывают, что максимальное значение магнитного поля, полученного в зазоре усовершенствованного МХ, составляет B_0 = 0,2068 Тл, что соответствует частоте протонного магнитного резонанса ν_0 = 8,873 МГц. Таким образом, параметры усовершенствованной сборки МХ по сравнению с однокольцевой структурой, описанной в работе [7], улучшились: частота ν_o поднялась с 6,38 до 8,86 МГц (в 1,4 раза); неоднородность поля B_0 уменьшилась с $\Delta B/B_0 = 3 \cdot 10^{-3}...2 \cdot 10^{-2}$ до $\Delta B/B_0 = 2 \cdot 10^{-3}$ (на порядок).

Вертикальный разброс значений B_0 показан на рис. 5.

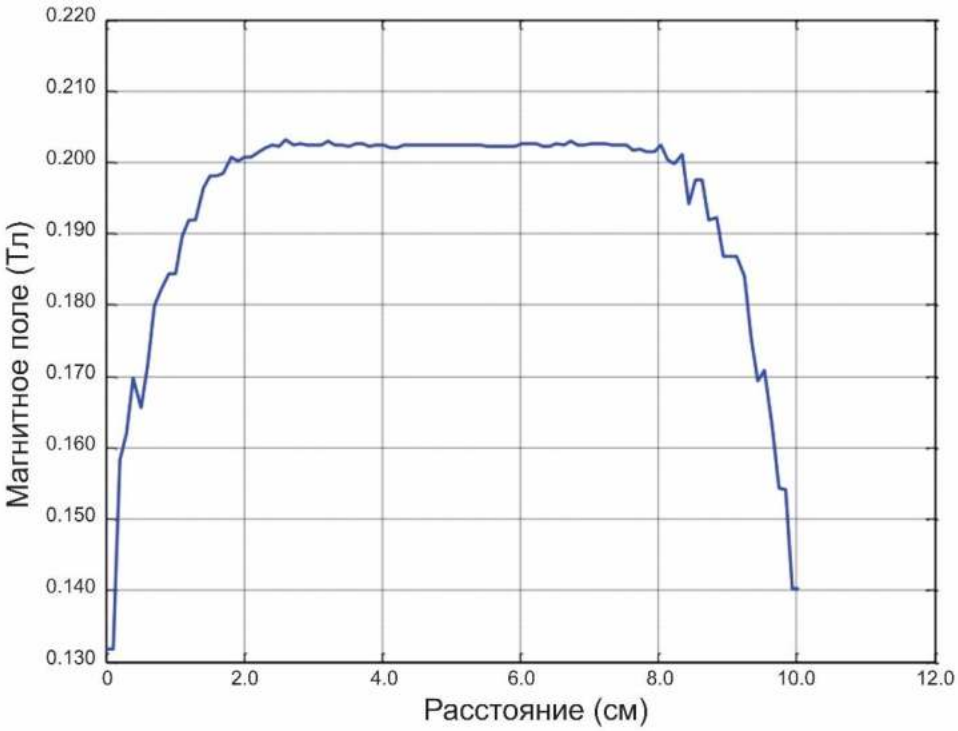


Рис. 5. Диаграмма результатов измерений значений B_0
по внутреннему диаметру МХ

В центральной зоне на расстоянии 4...6 см достигается неоднородность $\Delta B/B_0 = 1{,}2 \cdot 10^{-4}$ = 120 ppm, в районе 3...7см достигается неоднородность магнитного поля $\Delta B/B_0 = 1 \cdot 10^{-3} = 980$ ppm.

Источники

1. Кашаев Р.С., Свинин А. Ю., Козелков О.В. Минимизация ошибок эксперимента в методе ПМР и возможности получения спектра времен релаксации // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2018. Т. 20, № 11-12. С. 152–160.

2. Low-field permanent magnets for industrial process and quality control / J. Mitchell [et al.] // Progress in Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy. 2014. Vol. 76. Pp. 1–60.

3. Hung Dang Phuc. Development of portable low field NMR magnet: Design and construction [Электронный ресурс]. URL: https://theses.hal.science/tel-01247499/document (дата обращения: 27.11.2022).

4. Improved Halbach sensor for NMR scanning of drill cores / S. Anferova // Magnetic resonance imaging. 2007. Vol. 25, Iss. 4. Pp. 474–480.

5. Hanspeter R., Blümler P. Design and construction of a dipolar Halbach array with a homogeneous field from identical bar magnets // Concepts in Magnetic Resonance Part B (Magnetic Resonance Engineering). 2004. Vol. 23B, Iss. 1. Pp. 16–25.

6. Blümich B., Rehorn C., Zia W. Magnets for Small-Scale and Portable NMR: Technologies and Systems // Micro and Nano Scale NMR. Wiley VCH, Weinheim, 2018. Pp. 1–20.

7. Свинин А.Ю., Кашаев Р.С., Козелков О.В. Разработка магнитной системы датчика для ПМР-анализатора // Известия высших учебных заведений. Проблемы Энергетики. 2020. Т. 22, № 4. С. 115–122.

УДК 681.52:536.5

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОМЕЩЕНИЯ

Новик Рустам Дмитриевич, Малёв Николай Анатольевич
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
maleeev@mail.ru

В работе рассматривается система контроля температуры производственного помещения на основе отопительно-вентиляционного агрегата, в котором воздух подогревается калорифером, а затем подается в обогреваемые зоны. Получена математическая модель исследуемой системы и синтезирован ПИД-регулятор температуры при настройке системы на линейный оптимум. Проведено имитационное моделирование и получены графики переходных процессов контролируемой температуры.

Ключевые слова: контроль температуры, система управления, ПИД-регулятор, стандартные настройки.

SIMULATION OF THE SYSTEM AUTOMATIC TEMPERATURE CONTROL PRODUCTION PREMISE

Novik Rustam Dmitrievich, Malev Nikolay Anatolievich
Kazan State Power Engineering University, Kazan
maleeev@mail.ru

The paper considers a temperature control system for a production premise based on a heating and ventilation unit, in which the air is heated by a heater, and then supplied to the heated zones. A mathematical model of the system under study is obtained and a PID temperature controller is synthesized when the system is tuned to a linear optimum. Simulation modeling was carried out and graphs of transient processes of controlled temperature were obtained.

Keywords: temperature control, control system, PID controller, standard settings.

В основе исследуемой системы автоматического контроля температуры находится является вентиляционная установка с нагревательным элементом. Прямоточная схема с забором воздуха непосредственно с улицы и последующей его фильтрации и подогрева была дополнена схемой с рециркуляцией, когда вытяжной воздух поступает в приточную камеру заново, тем самым обеспечивая выравнивание температуры холодного уличного воздуха [1].

При запуске системы воздушного обогрева регулятор выдает команду на устройство плавного пуска вентилятора. Датчик температуры находится в такой зоне, чтобы измеряемая температура имела среднее значение по помещению. Измеренное значение от датчика температуры сравнивается с сигналом задания при наличии отклонения измеренного значения температуры от значения уставки регулятор выдает команду на включение на необходимое время электрокалорифера приточной установки. Подогретый воздух поступает в сеть воздуховодов, разветвленных по всему производственному помещению [2].

Simulink-модель системы автоматического контроля температуры помещения представлена на рис. 1.

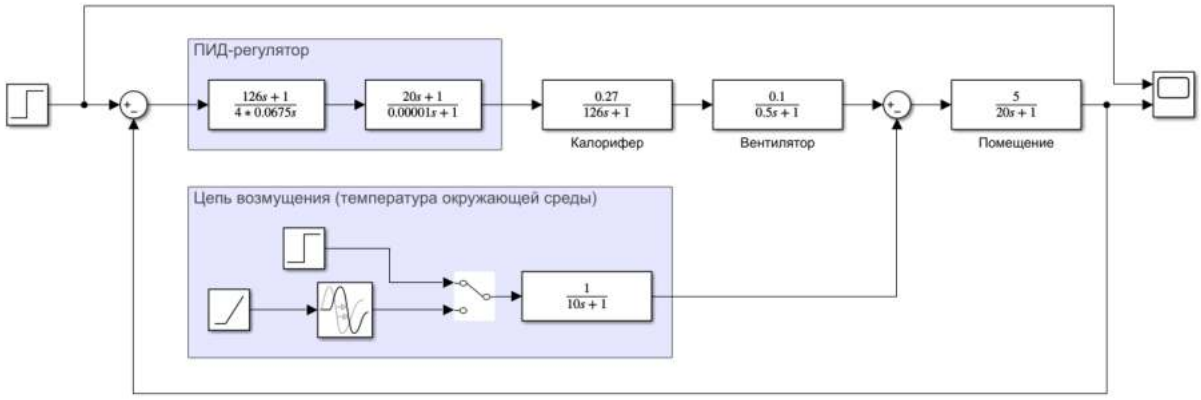


Рис. 1. Simulink-модель системы автоматического контроля температуры помещения

ПИД-регулятор был синтезирован при настройке контура на линейный оптимум с желаемой передаточной функцией

$$W_{\text{ЛО}}(s) = \frac{1}{4T_{\mu}s\left(T_{\mu}s+1\right)},$$

где $T_{\mu} = T_{\text{в}} = 0{,}5$ с – малая постоянная времени.

Данная настройка обеспечивает монотонный переходный процесс и компенсирует большие постоянные времени электрокалорифера $T_{\text{к}} = 126$ с и обогреваемого помещения $T_{\text{п}} = 20$ с, а также придает системе астатизм первого порядка, обеспечивая нулевое значение погрешности при возмущающем воздействии $T_{\text{окр}}^{\circ} = \text{const}$. Также для исследуемой системы было проведено моделирование при уменьшении температуры по линейному закону. Графики переходных процессов показаны на рис. 2.

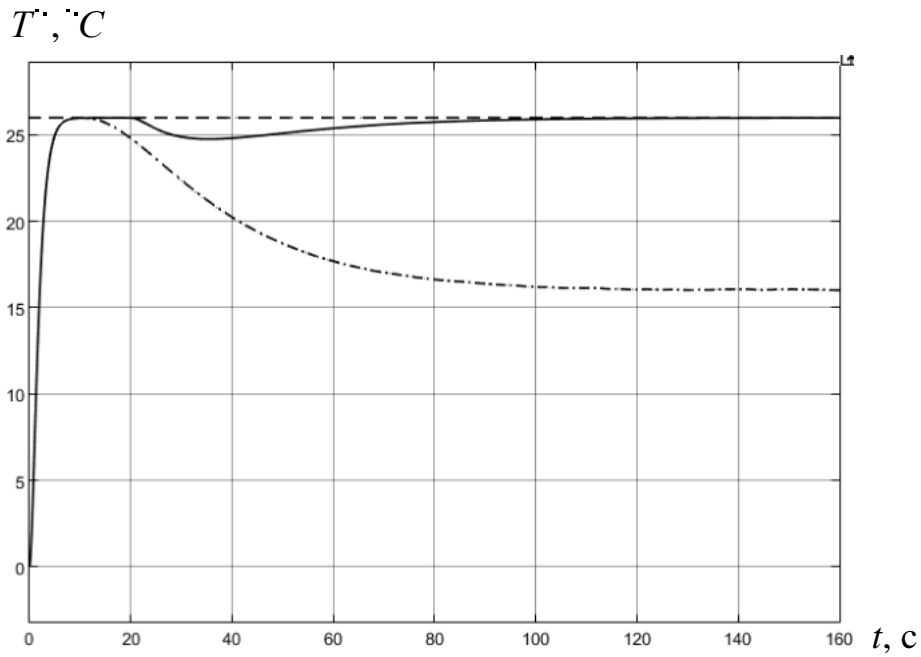


Рис. 2. Переходные процессы изменения температуры в помещении: штриховая линия – заданное значение температуры; сплошная линия – температура в помещении; при наличии постоянного возмущения; штрихпунктирная линия – температура в помещении при наличии линейно изменяющегося возмущения

Из анализа графиков следует, что при неизменном возмущающем воздействии система обеспечивает восстановление заданной температуры +26 °С примерно за 100 с. При возмущении $T'_{\text{окр}} = 1$ °С/с наблюдается тенденция постепенного охлаждения помещения. В целях поддержания температуры на требуемом уровне необходимо обеспечить системе астатизм второго порядка [3].

Источники

1. Автоматизация систем вентиляции и кондиционирования воздуха: учеб. пособие / Бондарь Е.С. [и др.]. Киев: ТОВ «Видавничий будинок «Аванпост-Прим» 2005. 560 с.

2. СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование [Электронный ресурс]. URL: https://wwtec.ru/assets/files/snip/snip2.04.05-91(2000).pdf (дата обращения: 23.11.2022).

3. Варенов А.А., Зенцов В.П., Малёв Н.А. Анализ динамических процессов в системе стабилизации температуры в инкубационной камере // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2018. Т. 20, № 9-10. С. 101–108.

УДК 004.032.26

АЛГОРИТМ РАБОТЫ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРИБОРНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Овсеенко Галина Анатольевна[1], Кашаев Рустем Султанхамитович[2],
Козелков Олег Владимирович[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]galinka.ovseenko@mail.ru

В статье представлен алгоритм системы контроля функционирования приборно-программного комплекса многоканального измерения МПР-параметров на основе метода ПМР-релаксометрии, использующего искусственную нейронную сеть и программную реализацию.

Ключевые слова: алгоритм, нейронная сеть, метод ПМР-релаксометрии, амплитуда, система контроля функционирования.

ALGORITHM OF OPERATION OF THE CONTROL SYSTEM FOR THE FUNCTIONING OF THE INSTRUMENT-SOFTWARE COMPLEX BASED ON A NEURAL NETWORK

Ovseenko Galina Anatolyevna[1], Kashaev Rustam Sultanhamitovich[2],
Kozelkov Oleg Vladimirovich[3]
[1,2,3]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]galinka.ovseenko@mail.ru

The article presents an algorithm for monitoring the functioning of an instrument-software complex for multichannel measurement of MPR parameters based on the PMR-relaxometry method using an artificial neural network and software implementation.

Keywords: algorithm, neural network, PMR-relaxometry method, amplitude, functioning control system.

Особое внимание уделяется разработки алгоритма системы контроля функционирования приборно-программного комплекса многоканального измерения ПМР-параметров на основе метода ПМР-релаксометрии, использующего искусственную нейронную сеть (ИНС).

В информационную сеть посылается команда запомнить текущие экспериментальные вектора измерений ПМР-параметров N_{ij} =[T_{2Ai}, T_{2Bi}, T_{2Ci}, P_{2Ai}, P_{2Bi}, P_{2Ci}, A_{Ai}, A_{Bi}, A_{Ci}], где T_{2Ai}, T_{2Bi}, T_{2Ci}, P_{2Ai}, P_{2Bi}, P_{2Ci}, A_{2Ai}, A_{2Bi}, A_{2Ci} – времена спин-спиновой релаксации, населенности протонов и амплитуды сигналов спин-эхо, i – индекс переменной, j = A, B, C – молекулярные

фазы, к которым относятся экспериментальные $T_{2A,B,Ci}$, $P_{2A,B,Ci}$, $A_{A,B,Ci}$. Данные многопараметрического вектора измерений N_i обрабатываются по формулам разделения огибающей сигналов спин-эхо (СЭ) на компоненты:

$$A_i = \sum A_{0j} \exp(-t/T_{2j}), \qquad j = A, B, C; \tag{2}$$

$$\ln(A_i/A_0) = -t/T_{2i} + \ln A_i. \tag{3}$$

Определение ПМР-параметров осуществляется построением от времени огибающей СЭ уравнение (2) в полулогарифмическом масштабе и графоаналитическим разделением огибающей на экспоненциальные компоненты, как это показано на рис. 1.

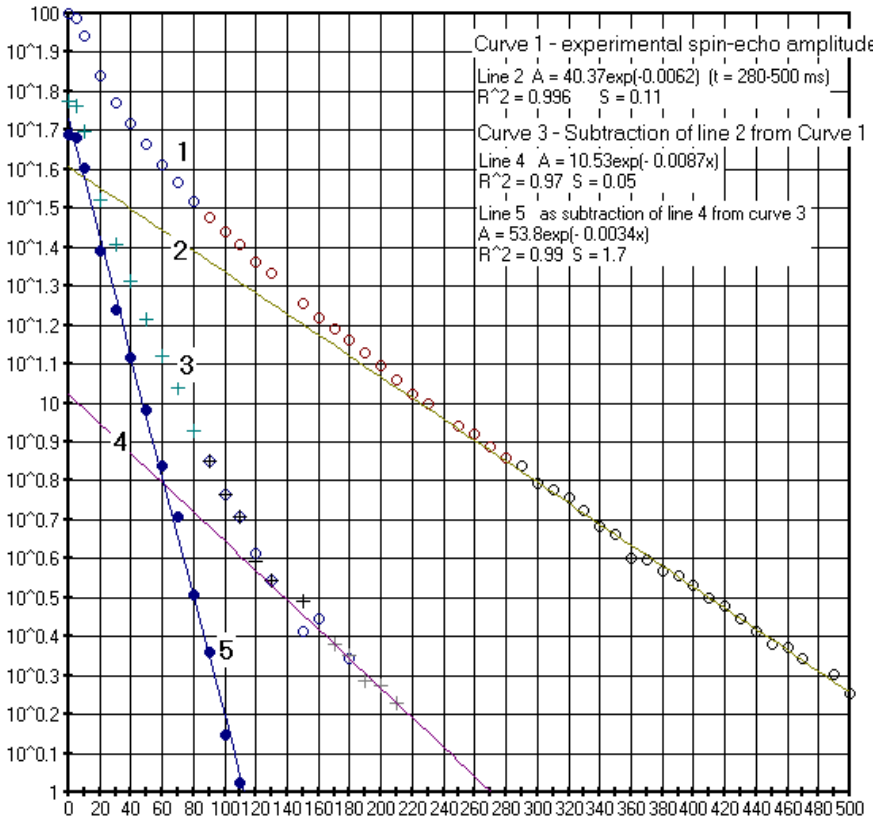


Рис. 1. Разложение огибающей сигналов спин-эхо в многофазной жидкости на три экспоненциальные компоненты

После логарифмирования значений амплитуд СЭ, через точки, соответствующие длинным временам, ложащиеся на линейную зависимость, проводится прямая, описываемая уравнением (2) и определяются теоретические ПМР-параметры $T_{2A,B,CiT}$, $P_{2A,B,CiT}$, $A_{A,B,CiT}$.

Физико-химические параметры, определяемые из времен релаксации T_{1i} и T_{2i} и населенностей протонов P_i следующие: $\delta\omega$ – химический сдвиг, E_A – энергия активации молекулярного движения, τ_O – время жизни протона в одной позиции, $\tau_{OБ}$ – время корреляции обмена, τ_C – время корреляции, $\langle r_{ij}\rangle$ – среднее межпротонное расстояние. Таким образом, по некоторым из двадцати ПМР-параметров: начальным амплитудам спин-эхо $A_{0A,B,C}$, населенностям протонов $P_{1,2A,B}$, временам релаксации $T_{1,2A,B,C}$ можно осуществлять многопараметрический анализа характеристик жидкости на цифровых интеллектуальных месторождениях.

При измерения наиболее удобным является время спин-спиновой релаксации T_2, поскольку для измерения времен спин-решеточной релаксации T_1 требуется время $t \geq T = \underline{5}T_1$ для восстановления намагниченности, где T – период запуска импульсной последовательности $(90^o\text{-}\tau\text{-}90^o\text{-}\tau_o\text{-}180^o)_N$ измерения T_1. Для воды в скважинной жидкости $T_1 \approx 2$ сек, поэтому при $N = 100$ даже при однократном измерении (числе накоплений $n = 1$) потребуется время $t = 100T = 500T_1 \approx 16$ минут. Гораздо более оперативным (время измерения в среднем 2 минуты) является использование импульсной последовательности Карра – Парселла – Мейбум – Гилла (рис. 2), которая позволяет устранить на влияние на результаты измерений неточности настройки длительностей импульсов и влияния диффузии молекул под действием градиентов магнитного поля.

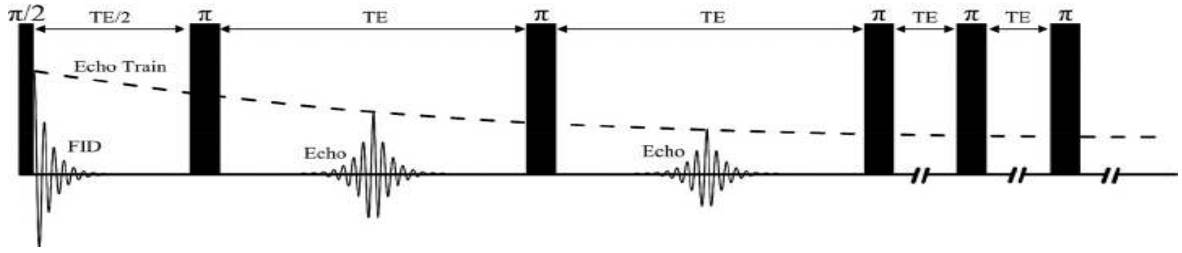


Рис. 2. Иллюстрация метода Карра – Парселла – Мейбума – Гилла для компенсации накопления ошибки в последовательности импульсов Карра – Парселла и графическое изображение импульсов и сигналов СЭ

Разности вычисленных по уравнение (2) и (3) ПМР-параметров с экспериментальными их значениями образуют текущий вектор:

$$N_{it} = [|A_{2AЭ} - A_{2AT}|,|A_{2AЭ} - A_{2AT}|,|A_{2AЭ} - A_{2AT}||T_{2AЭ} - T_{2AT}|, |T_{2BЭ} - T_{2BT}|,|T_{2CЭ} - T_{2CT}|,|P_{2AЭ} - P_{2AT}|,|P_{2AЭ} - P_{2AT}|,|P_{2AЭ} - P_{2AT}|,],$$

с численными значениями ПМР-параметров для $A_{jЭ} – A_{jT}$, $T_{jЭ} – T_{jT}$, $P_{jЭ} - P_{jT}$.

На основе проведенного исследования были получены следующие результаты, девять компонент вектора N_{it} нормируются, формируя текущий вектор N_{itN} нормированных компонент. Вектор N_{itN} обрабатывается ИИС для определения соответствия режиму работы релаксометра ПМР, и заключение о режиме работы релаксометра формируется в виде одного из значений вектора контроля N_{out} = [«Норма», «Неправильно» и «Неопределенность»].

Результаты контроля выводятся на монитор оператора, а также сохраняются в базе данных о функционировании комплекса многопараметрического контроля ППК для принятия дальнейших решений.

Контроль состояния режима работы системы учета характеристик скважинной жидкости, нефти и окружающей среды должен производится путем сравнения измеряемых параметров ПМР-релаксации N_{ij} с теоретическими значениями N_{ijt} параметров, получаемых путем аппроксимаций огибающей кривых сигналов спин-эхо по протонным фазам. Относительная величина отклонения параметров представляется в виде:

$$\alpha_N = (N_{ij} - N_{ij\,t}) \cdot 100\% \qquad (4)$$

Значение α_N должно быть близко к нулю, что свидетельствует о правильном функционировании релаксометра ПМР в составе ППК и верности методик измерения характеристик СКЖ, нефти и воды окружающей среды. В случаях, когда величина α_N меньше допустимой (например, $|\alpha_N| \leq 3\sigma$, где σ – среднеквадратическое отклонение СКО) [3], следует говорить, о норме в работе ППК и программы обработки данных ПМР-релаксации.

Другим способом определения необходимых аналитических параметров является непосредственный опрос ППК с помощью распространённых интерфейсов связи: *RS*-485, *GSM, Internet*.

Клиентская часть автоматизированной информационно-измерительной системы контроля находится на месте расположения комплекса, она состоит из маршрутизатора каналов связи, который позволяет, с одной стороны, вести опрос разных ППК, расположенных на разных скважинах или установках подготовки нефти на цифровом месторождении (ЦМ) по протоколу *RS*-485, а с другой стороны, по сети *GSM* получать и отправлять опрос через сеть *Internet* на сервер системы контроля ЦМ. автоматизированной информационно-измерительной системы контроля Преимуществом перед ручным способом получения данных, является дистанционный, базирующийся на принципах работы сотовой связи и сети *Internet* [3].

Совершенствование механизмов удаленного опроса ППК для получения многопараметрического вектора измерений, является одной из главных задач информационно-измерительного оборудования на ЦМ.

Источники

1. Аксенов С.В., Новосельцев В.Б. Организация и использование нейронных сетей (методы и технологии) / Аксенов С.В., Новосельцев В.Б. Томск: НТЛ, 2006. 128 с.

2. Глазырин Г.В., Усов Н.С., Бакланов Д.В. Анализ исходного числа дефектов в программном обеспечении микропроцессорного устройства релейной защиты // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2020. Т. 12, № 1 (45). С. 40–45.

3. Релаксометр протонного магнитного резонанса / Р.С. Кашаев [и др.] // Приборы и техника эксперимента. 2019. № 2. С. 145–148.

4. Технологии экспресс-контроля и очистки нефти от примесей в мехатронной установке с управлением от приборно-программного комплекса на базе ПМР-релаксометрии / О.В. Козелков // Химическая технология. 2022. № 23 (3). С. 131–137.

4. On-line nuclear magnetic resonance analyzer for the production of new emulsion fuels [Электронный ресурс] / V.O. Kozelkova [et al.] // Proc. of the 4th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering. Moscow, 2022. URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/9731458 (дата обращения: 17.11.2022).

5. Пономарев С.В., Шишкина Г.В. Метрология, стандартизация, сертификация: учеб. для вузов. Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. 96 с.

6. Цыпленков С.В., Агафонов Е.Д. Концепция комплексной системы контроля энергоэффективности механизированной добычи нефти // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 4. С. 180–196.

УДК 535.34.083.2:538.56

КОНТРОЛЬ ДОСТОВЕРНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ МЕТОДОМ ПМР-РЕЛАКСОМЕТРИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Овсеенко Галина Анатольевна[1], Кашаев Рустем Султанхамитович[2],
Козелков Олег Владимирович[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2,3]kashaev2007@yandex.ru

В статье исследована возможность использования искусственных нейронных сетей для контроля достоверности и надежности измерений методом протонной магнитной резонансной релаксометрии на релаксометре ПМР-NP2. Получены критерии контроля достоверности измерений свойств нефтяных дисперсных систем релаксометром при использовании нейронных сетей для анализа нефтей.

Ключевые слова: нейронные, сети, магнитный, релаксометрия.

TRUSTWORTHY CONTROL OF MEASUREMENTS BY PMR-RELAXOMETRY USING ARTIFICIAL NEURON NETWORKS

Ovseenko Galina Anatolievna[1], Kashaev Rustem Sultanhamitovich[2],
Kozelkov Oleg Vladimirovich[3]
[1,2,3]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1,2,3]kashaev2007@yandex.ru

In the paper studied the opportunity of artificial neuron networks use for trustworthy control and reliability of measurements by method of proton magnetic resonance relaxometry on Relaxometer NMR-NP2. Received the trustworthy criteria for the measurements of the oil disperse systems properties by relaxometer using neuron networks for oils analysis.

Keywords: neuron, networks, magnetic, relaxometry.

Создание цифрового месторождения (ЦМ) с контролем и управлением нефтедобычи и подготовки сырья с экспресс-контролем автоматизированным многопараметрическим аппаратно-программным комплексом (АПК) [1] характеристик СКЖ, нефти и воды, а также окружающей среды актуализируется распоряжением правительства Российской Федерации № 1632 о «создании экосистемы цифровой экономики на базовых направлениях: новые производственные технологии и компоненты робототехники». Целью работы является повышение достоверности измерений комплексом АПК цифровыми методами через искусственные нейронные сети (ИНС), главным преимуществом которых является возможность обучения, при котором исключаются «промахи» и «шумы», определяются связи и делаются выводы о достоверности.

Нами вводится понятие недостоверности измерений характеристик нефтяных дисперсных систем (НДС) – скважинной жидкости, нефти и сточных вод по ПМР-параметрам: временам спин-спиновой релаксации T_{2Ai}, T_{2Bi}, T_{2Ci}, населенностям протонов P_{2Ai}, P_{2Bi}, P_{2Ci}, и амплитудам сигналов спин-эхо A_{Ai}, A_{Bi}, A_{Ci}, как выход общей погрешности измерения $\delta_И$ за допустимые границы. В качестве $\delta_И$ может быть взято одно или несколько свойств НДС – расход, влажность, плотность, вязкость, дисперсное распределения капель воды и нефти, молекулярная масса, концентрация солей и нефти в пластовой и сточных водах.

Определение достоверности измерений релаксометром ПМР в составе АПК [2] осуществляется используя метод контроля функционирования измерительной системы по технологии клиент-сервер [3]. Клиентская часть располагается на месте нахождения АПК. Серверная часть системы располагается на персональном компьютере оператора.

Алгоритм работы системы контроля функционирования комплекса измерения ПМР-параметров, использующего ИНС, состоит в следующем:

1. В информационную сеть посылается команда запомнить вектора текущих экспериментальных данных по измерениям ПМР-параметров:

$$N_{ij} = [T_{2Ai}, T_{2Bi}, T_{2Ci}, P_{2Ai}, P_{2Bi}, P_{2Ci}, A_{Ai}, A_{Bi}, A_{Ci}], \quad (1)$$

где $j = A, B, C$ – молекулярные фазы НДС, соответствующие параметрам.

2. Данные многопараметрического вектора измерений N_{ij} обрабатываются по формулам разделения огибающей сигналов спин-эхо на компоненты:

$$A_i = \sum A_{0j}\exp(- t/T_{2j}), \text{ где } j = A, B, C \quad (2)$$

$$\ln(A_i/A_0) = -t/T_{2i} + \ln A_i. \quad (3)$$

Разности экспериментальных значений ПМР-параметров N_{ij} определенных из экспериментальных амплитуд спин-эхо (СЭ) из ур.(2.3) и модельными (идеальными) теоретическими значениями N_{ijT}, описываемыми распределением времен релаксации $P(T_{2AT},T_{2BT},T_{2CT})$, получаемыми решением уравнения Fredholm первого рода (см. например работу [4]), формируют текущий вектор N_{it}:

$$N_{it} = [|A_{2AЭ} - A_{2AT}|,|A_{2AЭ} - A_{2AT}|,|A_{2AЭ} - A_{2AT}||T_{2AЭ} - T_{2AT}|,$$
$$|T_{2BЭ} - T_{2BT}|,|T_{2CЭ} - T_{2CT}|, |P_{2AЭ} - P_{2AT}|,|P_{2AЭ} - P_{2AT}|,|P_{2AЭ} - P_{2AT}|,|] \quad (4)$$

3. Вектор N_{it} обрабатывается ИНС для определения соответствия режиму работы релаксометра ПМР и вывода заключения о работе релаксометра в виде вектора N_{out}= [«Норма», «Неправильно» и «Неопределенность»].

4. Результаты контроля выводятся на монитор оператора, а также сохраняются в базе данных для принятия дальнейших решений.

Отклонение параметров представляется в виде:

$$\alpha_N = (N_{ij} - N_{ijT}) \cdot 100\%. \quad (5)$$

Очевидно, что правильное функционирование релаксометра ПМР соответствует значению α_N близкое к нулю, а также, когда $|\alpha_N| \leq 3\sigma$, где σ – среднеквадратическое отклонение.

Для применения полученных зависимостей с целью определения достоверности ПМР-параметров надо определить функцию зависимости для контроля режимов релаксометра АПК, наиболее подходящую для данного случая. Математическую модель для нормального стандартного отклонения $\sigma_{норм}$ решено искать в виде универсальной степенной зависимости, описываемой в работе [5]. Методом Крамера, получено:

$$\sigma_{норм} = 0{,}65 N^{-0{,}12}_{норм}. \quad (6)$$

Для решения задачи верификации текущего многопараметрического измерения использован математический пакет Statistica 10, позволяющий формировать искусственные нейронные сети разной конфигурации.

Источники

1. Тихомирнов Л.И. Цифровизация: ключевые факторы успеха // Нефтегаз. 2019. Вып. 1-2. С. 142–143.

2. Козелков О.В., Кашаев Р.С. Приборные и мехатронные комплексы в нефтяной промышленности и энергетике: монография. Махачкала: «Апробация», 2019. 112 с.

3. Солдатов А.А. Информационно-измерительная система контроля функционирования комплекса многопараметрического учета распределенного энергопотребления на основе искусственной нейронной сети: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Казань, 2018. 22 с.

4. New Approach to Analyze 2*D* Map $T_1 - T_2$ / E.I. Uskova [et al.] // Applied Magnetic Resonance. 2020. Vol. 51. Pp.183–193.

5. Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. 573 с.

УДК 53.082.8

СОЗДАНИЕ ПРИБОРА КОНТРОЛЯ УТЕЧЕК БЫТОВОГО ГАЗА

Постников Елисей Владимирович[1], Львова Татьяна Николаевна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]postnikovelik@yandex.ru, [2]tn.lvova@yandex.ru

Проблема необнаружения утечек бытового газа на данный момент является актуальной. Высокая концентрация бытового газа в воздухе приводит к отравлениям людей, пожарам и взрывам. В данной работе проведен анализ существующих аналогов, выявлены их недостатки, изложен процесс создания прибора контроля утечек бытового газа с исправлением обнаруженных недостатков. Разрабатываемый прибор предназначается для бытового использования, т. е. установки в квартирах и частных домах около газового оборудования.

Ключевые слова: бытовой газ, утечка, концентрация, датчик, микроконтроллер, сигнализация, прибор контроля, модуль резервного питания.

CREATION OF THE HOUSEHOLD GAS LEAK CONTROL DEVICE

Postnikov Elisei Vladimirovich[1], Lvova Tatiana Nikolaevna [2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]postnikovelik@yandex.ru, [2]tn.lvova@yandex.ru

The problem of non-detection of household gas leaks is currently relevant. A high concentration of domestic gas in the air leads to poisoning of people, fires and explosions. In this article, the analysis of existing analogues is carried out, the shortcomings of their shortcomings are identified, the process of creating a device for monitoring domestic gas leaks with the correction of the detected shortcomings is described. The developed device is intended for domestic use, i.e. installations in apartments and private houses near gas equipment.

Keywords: domestic gas, leakage, concentration, sensor, microcontroller, alarm, backup power module, control device.

Утечки бытового газа являются серьезной проблемой, которая приводит к отравлениям, пожарам и взрывам. Так 16 % концентрация бытового газа в воздухе вызывает удушье, а концентрация в диапазоне от 4,4 до 17 % образует взрывоопасные смеси [1, с. 4]. Своевременное обнаружение утечек позволит устранить их до того, как концентрация газа в воздухе достигнет опасных значений. В настоящее время вопросам разработки приборов контроля уделяется большое внимание. Так в [2, с. 160] обсуждались приборы и методы для проведения экспресс-контроля парафина в нефтях и топливах для усовершенствования технологического процесса.

В данной работе предлагается создание прибора для определения утечек бытового газа. На основе анализа существующих устройств определен следующий список требуемых доработок, которые будут внесены в разрабатываемый прибор контроля утечек бытового газа:

1) возможность отключения звуковой сигнализации. При изучении существующих аналогов было замечено, что при обнаружении газа приборы осуществляют световую и звуковую сигнализацию. Отключить звуковую сигнализацию невозможно, хотя в некоторых ситуациях это может быть необходимо, например: пользователь, уже узнавший о наличии утечки и устраняющий ее, будет отвлекаться на звук и ему придется отключить прибор;

2) возможность автономной работы прибора. Изученные существующие приборы, в основном, стационарны. Питаются от сети 220 В. При отключении электроэнергии данные приборы выключаются. Чтобы устранить данный недостаток предлагается добавление дополнительного источника питания.

Для создания прибора будут использованы следующие элементы: модуль датчика *MQ*-2, микроконтроллер *Arduino Nano*, 2 светодиода, пьезодинамик, двухпозиционный переключатель, источник резервного питания *Wemos Battery Shield*. Принцип работы датчика *MQ*-2 основан на изменении сопротивления чувствительного элемента из диоксида олова SnO_2, при контакте с метаном CH_4, основным компонентом бытового газа. Выбранный датчик позволяет измерять концентрацию газа в диапазоне 300...10 000 *ppm* (0,03...1 %) [3, с. 3].

Напряжение на аналоговом выходе датчика увеличивается пропорционально концентрации газа. На цифровой вывод датчика поступает сигнал высокого уровня с компаратора, если аналоговый выходной сигнал превысил пороговое значение, установленное потенциометром. Аналоговый и цифровой вывод датчика подключается к микроконтроллеру *Arduino Nano* [4, с. 1]. Если на цифровом выводе датчика высокий уровень, микроконтроллер определяет концентрацию газа, производя аналого-цифровое преобразование напряжения аналогового вывода. Если концентрация газа меньше 1 936 ppm, то включается световая индикация, загорается желтый светодиод. При превышении 1 936 ppm, включается световая и звуковая сигна-лизация. Такие значения концентрации выбраны согласно техническим требованиям предъявляемым к подобным приборам [5, с. 7], установленный порог включения сигнализации 3 % нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКПРП) соответствует 1 936 ppm. Желтый светодиод гаснет, красный светодиод подает прерывистый световой сигнал, а пьезодинамик начинает подавать прерывистый звуковой

сигнал. Возможность отключения звуковой сигнализации и перевода прибора в тихий режим работы будет осуществляться изменением положения двухпозиционного переключателя, подключенного к микроконтроллеру.

Для реализации возможности работы разрабатываемого прибора автономно будет использован модуль резервного питания *Wemos Battery Shield*. К модулю подключается источник постоянного питания через *Micro USB* порт. Микроконтроллер подключается через порт *USB*. В случае отключения основного источника тока происходит автоматическое переключение на питание от аккумулятора 18650. Когда основной источник питания подключен, происходит зарядка аккумулятора 18650, и питание микроконтроллера переключается на основной источник.

Установка предлагаемого прибора контроля (недорогого и надежного) в квартирах и частных домах позволит своевременно обнаруживать утечки газа и вовремя принимать соответствующие меры. Это приведет к повышению безопасности использования бытового газового оборудования.

Источники

1. ГОСТ 5542-2014. Газы горючие природные промышленного и коммунально-бытового назначения. М.: Стандартинформ, 2015. 12 с.

2. Приборы и методы контроля концентрации парафина в нефти / Р.С. Кашаев // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19, № 3-4. С. 159–167.

3. Flammable Gas Sensor (Model: MQ-2) [Электронный ресурс]. URL: https://www.winsen-sensor.com/d/files/MQ-2.pdf (дата обращения: 06.11.2022).

4. Arduino Nano documentation [Электронный ресурс].URL: https://docs.arduino.cc/hardware/nano (дата обращения: 06.11.2022)

5. ГОСТ Р ЕН 50194-1-2012. Сигнализаторы горючих газов для жилых помещений. Москва: Стандартинформ, 2014. 22 с.

УДК 621.7.06

ВИДЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ТЭК И ЖКХ

Сатдаров Тимур Рафикович[1], Козелков Олег Владимирович[2]
[1]ООО «Кука Роботикс», АНО ВО «Университет Иннополис», г. Иннополис
[2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]t.satdarov@innopolis.ru

Работа посвящена применению различных видов промышленных роботов в сфере ТЭК и ЖКХ, что позволит повысить производительность, качество выполняемых операций, существенно снизить их трудоемкость, способствует созданию высококвалифицированных рабочих мест. Полученные результаты демонстрируют возможность эффективного использования промышленной робототехники для нужд ТЭК и ЖКХ на различных операциях (например, механической обработки вентильно-запорной арматуры, трубопроводных изделий, корпусных деталей, крупногабаритных узлов). Представленная работа показывает для внедрения промышленной робототехники в технологии, используемые в ТЭК и ЖКХ.

Ключевые слова: промышленный робот, робот-манипулятор, дельта-робот, SCARA-робот, коллаборативный робот, мобильный робот.

TYPES OF INDUSTRIAL ROBOTS FOR FUEL AND ENERGY COMPLEX AND HOUSING AND UTILITIES

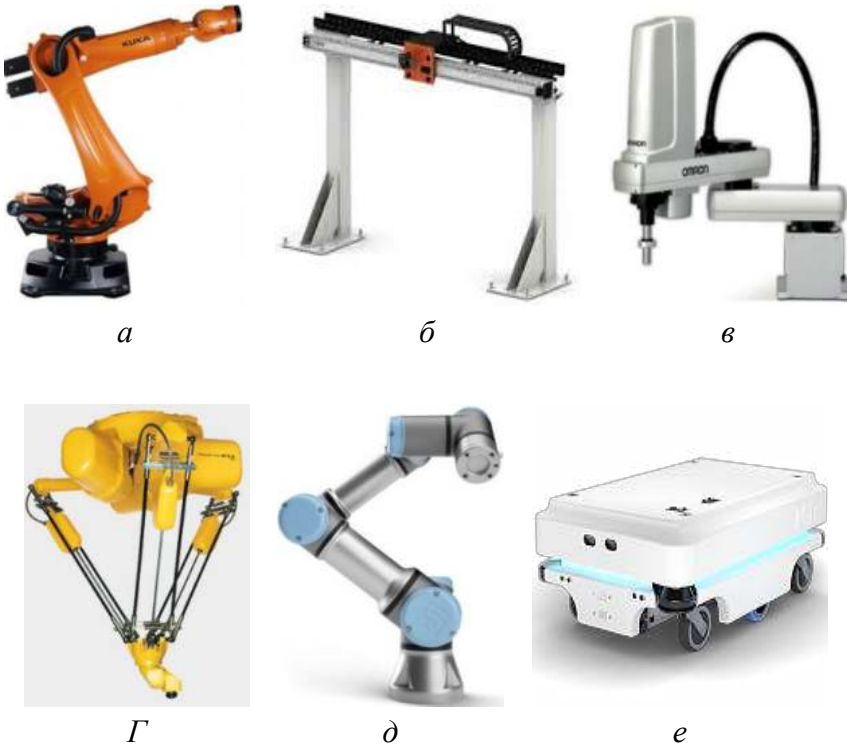
Satdarov Timur Rafikovich[1], Kozelkov Oleg Vladimirovich[2]
ANO VO “University of Innopolis”, Innopolis
[2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]t.satdarov@innopolis.ru

Work on the introduction of various types of industrial robots in the fuel and energy complex and housing and communal services, which makes it possible to increase productivity, the quality of operations performed, significantly reduce their labor intensity, and significantly increase the number of highly qualified jobs. The results obtained make it possible to use industrial robotics for the needs of the fuel and energy complex and housing and communal services in various operations (for example, mechanical processing of valve and shutoff valves, pipeline products, complex body parts, large-sized assemblies). This work provides an opportunity for the acquisition of industrial robotics in technologies used in the fuel and energy complex and housing and communal services.

Keywords: industrial robot, robotic arm, delta robot, scara robot, collaborative robot, mobile robot.

Промышленных роботов классифицируют по грузоподъемности, способу установки, полезной нагрузке и другим параметрам. В обзоре представлены основные типы промышленных роботов, тип параллельных роботов – дельта-робот, а также некоторые другие устройства и технологии, используемые или перспективные для ТЭК и ЖКХ, такие как мобильные роботы.

Роботы-манипуляторы шарнирного типа наиболее распространённый тип промышленных манипуляторов (рис. 1, *а*). Шарнирные роботы состоят из вращательных кинематических пар и имеют обычно от четырех до шести управляемых осей. Такие роботы можно использовать для перемещения и укладки различных объектов для нужд ТЭК и ЖКХ, а также применение в строительно-монтажных видах работ и механической обработке различных материалов [4].



а *б* *в*

Г *д* *е*

Рис. 1. Виды роботов: *а* – робот-манипулятор; *б* – портальный робот; *в* – Scara-робот; *г* – Дельта-робот; *д* – коллаборативный робот; *е* – мобильный робот

Роботы с декартовой системой координат наиболее простой тип движения, так как система предполагает перемещение по осям *x*, *y*, *z* под прямым углом (рис. 1, *б*). В качестве примера работы такого агрегата в промышленности можно привести портальные контрольно-измерительные машины (КИМ). Чаще всего они применяются для подъема, транспортно-сборочных операций, загрузки и выемки деталей, для перемещения тяжелых инструментов и других роботов [5].

Роботы типа SCARA имеют преимущества благодаря повышенной жесткости конструкции. Промышленный робот SCARA имеет максимум четыре степени свободы, механизм аппарата может состоять из одной поступательной оси и трех вращательных (рис. 1, *в*). Чаще всего такие роботы используются для точных операций сборки.

Дельта-роботы – название робота отражает сходство устройства с перевернутой буквой греческого алфавита «Δ» (дельта). Дельта-робот располагает тремя степенями свободы, это зависит от количества рычагов (рис.1, *г*). Чем больше их количество, тем точнее аппарат. Рабочая зона робота – полусфера – имеет ограничения, которые позволяют ориентировать рабочую платформу по осям *X*, *Y* и *Z*. Дельта-роботы могут быть внедрены в производственные линии с ограниченным доступом, благодаря различным вариантам монтажа. Перспективное направление использования дельта-роботов с системой технического зрения на сортировке твердых бытовых отходов за счет быстрой работы и малых габаритных размеров.

Коллаборативные роботы (коботы) предназначены для работы в паре с людьми и учитывать нахождение рядом человека, не причиняя ему вреда, благодаря специальному ПО и встроенным датчикам (рис.1, *д*). Коботов можно программировать с помощью тактильных технологий. Коботы зарекомендовали себя в задачах, связанных с обслуживанием различных типов машин.

Мобильный робот – это робот, который может самостоятельно передвигаться и перемещаться в пространстве [1] (рис.1, *е*). Такие устройства помогают ремонтировать водопроводные сети и следить за состоянием систем водоснабжения [3]. Один из видов сервисных роботов, используемых в электроэнергетике – это робот для контроля (и очистки) высоковольтных линий электропередачи [2]. Еще одно применение специализированных мобильных роботов для исследования водосточных трубы, нефтепроводов, труб малого диаметра и другие труднодоступные для человека участки.

Источники

1. Андреев В.П., Плетенев П.Ф. Методы динамического перепрограммирования для мобильного робота с модульной архитектурой // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 3. С. 175–184.

2. Исмоилов И.И., Грачева Е.И. Повышение управляемости энергетическими системами и улучшение качества электроэнергии // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 1 (53). С. 3–12.

3. Зенович-Лешкевич-Ольпинский Ю.А., Карницкий Н.Б. Перспективы установки частотно-регулируемого электропривода на циркуляционных насосах системы технического водоснабжения ТЭЦ // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2021. Т. 13, № 4 (52). С. 14–27.

4. Сухоруков А.И., Ерошкин С.Ю., Богданова Е.Н. Развитие системы управления жилищно-коммунальным хозяйством в условиях цифровой трансформации бизнес-процессов при помощи внедрения программных роботов // Управление развитием крупномасштабных систем MLSD’2020: тр. 13-й Междунар. конф. М., 2020. С. 188–199.

5. Бочаров В.Ж., Бурковский В.Л. Модернизация системы управления универсального роботизированного инженерного комплекса для применения в жилищно-коммунальном хозяйстве // Научная опора Воронежской области: сб. тр. победителей конкурса науч.-исслед. работ студентов и аспирантов ВГТУ по приоритетным направлениям развития науки и технологий. Воронеж, 2020. С. 125–128.

УДК 621.314.58

ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ЗАРЯДНЫХ СТАНЦИЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Сафиуллин Булат Ирекович[1], Аухадеев Авер Эрикович[2], Вахитов Халил Фаритович[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]gougle2011@yandex.ru, [2]auhadeev.ae@kgeu.ru, [3]lilah20@mail.ru

По мере роста популярности частных и государственных электромобилей в Российской Федерации создание зарядной инфраструктуры для частных клиентов и компаний, работающих с электромобилями, становится приоритетной задачей. Как и любой электротехнический комплекс зарядные станции необходимо диагностировать как на этапах разработки, так и на этапе эксплуатации. В связи с этим в ряде крупных копаний, производящих оборудование для электромобилей, ведется разработка комплексов диагностики зарядных станций, позволяющих производить полную диагностику на всех этапах жизненного цикла зарядных станций. Предлагаемые в докладе технические решения могут быть использованы как основа для создания высокотехнологичного производства комплексов диагностики зарядных станций.

Ключевые слова: электромобиль, зарядная станция, зарядная инфраструктура, система диагностики.

DIAGNOSTIC COMPLEX OF CHARGING STATIONS FOR ELECTRIC VEHICLES

Safiullin Bulat Irekovich[1], Aukhadeev Aver Erikovich[2], Vakhitov Khalil Faritovich[3]
[1,2,3]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]gougle2011@yandex.ru, [2]auhadeev.ae@kgeu.ru, [3]lilah20@mail.ru

As the popularity of private and public electric vehicles in the Russian Federation grows, the creation of a charging infrastructure for private customers and companies working with electric vehicles becomes a priority. Like any electrical complex, charging stations must be diagnosed both at the development and operation stages. In this regard, a number of large companies producing equipment for electric vehicles are developing charging station diagnostic complexes that allow for complete diagnostics at all stages of the life cycle of charging stations. The technical solutions proposed in the report can be used as a basis for creating high-tech production of charging station diagnostic complexes.

Keywords: electric car, charging station, charging infrastructure, diagnostic system.

Современные тенденции развития мировой автомобильной индустрии направлены на полный переход на транспортные средства с электрической энергоустановкой. В настоящее время при комплексной поддержке государством реализуется программа развития зарядной инфраструктуры (станции быстрой и медленной зарядки) на территории РФ. К 2024 г.

уже запланировано создание не менее 10 тыс. зарядных станций только по программе господдержки, не считая зарядных сетей, создаваемых частным бизнесом. Диагностика подобного числа станций потребует не только большего количества специалистов и квалифицированного персонала, но и приборы, необходимые для быстрой и качественной диагностики [1]. Все это определяет необходимость создания приборов контроля, учета и диагностики зарядной инфраструктуры. Разрабатываемый комплекс, позволяет диагностировать зарядные станции переменного тока на предмет работоспособности аппаратной части зарядной станции.

Данный комплекс позволить сократить время и издержки на диагностику зарядных станций как на этапе производства, так и на этапе эксплуатации за счёт автоматизации процесса диагностики [3].

Данный диагностический комплекс представляет собой микроконтроллерное устройство, способное собирать, обрабатывать, анализировать и отображать/передавать информацию о параметрах в электрических цепях зарядный станций переменного тока, имеющее органы управления в виде кнопок и тумблеров и индикацию в виде экрана, выводящий информацию о корректности управляющих сигналов (соответствие сигналов ГОСТ Р МЭК 62196 и наличию напряжения в силовых цепях [2, 4]. Предназначено данное устройство для электротехнического персонала, работающих в компаниях, обслуживающие зарядные станции. Конкурентность данной модели обеспечиваются отсутствием аналогичных приборов зарубежных производителей с подобным функционалом в данной ценовой категории (цена модели не более 40 тыс. руб., зарубежные аналоги более 60 тыс. руб.). Автономность питания 4 ч в рабочем режиме и 6 месяцев в режиме ожидания), измерение показателей работоспособности станции, а именно: частота (в диапазоне 100...10 000 Гц) и амплитуда (в диапазоне от 0 до 24 В) управляющего сигнала CP, проверка всех статусов работы станции (Статусы A, B, C, D, F/E), проверка напряжения в режиме однофазной (220 В +/– 10 %) и трехфазной (380 В +/– 10%) зарядки, возможность проверки совместимости зарядной станции с кабелями разных пропускных мощностей (6, 13, 20, 32, 63 и 70 А) [5].

Источники

1. Автономная зарядная станция для электромобилей / Б.И. Сафиуллин [и др.] // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике: матер. XV Всерос. открытой молод. науч.-практ. конф. Казань, 2020. С. 81–83.

2. Программа ядерного оценивания цензурированной информации о неисправностях и отказах электромеханического оборудования электромобиля: пр. ЭВМ 2021681859 Рос. Федерация № 2021681221; заявл. 21.12.2021; опубл. 27.12.2021.

3. К вопросу о выборе контроллеров для зарядных станций электромобилей / Р.А. Рашитова [и др.] // Тинчуринские чтения – 2021 «Энергетика и цифровая трансформация»: матер. Междунар. молод. науч. конф.: в 3 т. Казань, 2021. Т. 1. С. 256–258.

4. Gorbunova A., Anisimov I. The analysis of the electric vehicle charging infrastructure in Tyumen city [Электронный ресурс] // E3S Web of Conferences. 2020. Vol. 164. Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering. URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/ e3sconf/ abs/2020/24/contents/contents.html (дата обращения: 23.11.2022).

5. Егоров Г.И. Система управление и мониторинга зарядной станцией для электромобилей с дистанционным доступом // XXV Туполевские чтения (школа молодых ученых): Междунар. молод. науч. конф., посвящ. 60-летию со дня осуществления 1-го полета человека в космическое пространство и 90-летию КНИТУ-КАИ. Казань, 2021. С. 444–448.

УДК 658.264

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ОГРАЖДЕНИЯХ

Тарасов Владимир Александрович[1], Тарасова Валентина Владимировна[2],
Афанасьев Владимир Васильевич[3], Ковалев Владимир Геннадьевич[4]
[1,3,4] ФГБОУ ВО «ЧГУ им. И.Н. Ульянова», [2]ООО «ГОРИСС»,
г. Чебоксары
[1]volodtar@yandex.ru, [2]charming_cerl@rambler.ru,
[3]avvteo@mail.ru, [4]kovenergy@mail.ru

Рассмотрены нестационарные тепловые процессы в ограждающих конструкциях при периодическом изменении температуры наружного воздуха. Математическое моделирование тепловых процессов позволяет создать цифровые двойники, которые нужны для выбора оптимальных погодозависимых режимов работы систем централизованного и автономного отопления.

Ключевые слова: математическое моделирование, цифровые двойники, режимы работы отопления, погодозависимое управление отоплением

DIGITAL TWINS OF NON-STATIONARY THERMAL PROCESSES IN FENCES

Tarasov Vladimir Alexandrovich[1], Tarasova Valentina Vladimirovna[2],
Afanasyev Vladimir Vasilievich[3], Kovalev Vladimir Gennadievich[4]
[1,3,4] Chuvash State University, [2]LLC Engineering and Technical Center GORISS,
Cheboksary
[1]volodtar@yandex.ru, [2]charming_cerl@rambler.ru,
[3]avvteo@mail.ru, [4]kovenergy@mail.ru

Non-stationary thermal processes in enclosing structures with periodic changes in outdoor air temperature are considered. Mathematical modeling of thermal processes allows you to create digital twins that are needed to select the optimal weather-dependent modes of operation of centralized and autonomous heating systems.

Keywords: mathematical modeling, digital twins, heating operation modes, weather-dependent heating control.

Между окружающей средой и ограждениями зданий и сооружений происходит теплообмен при граничных условиях третьего рода, когда известны температура среды и коэффициент теплоотдачи. При изменении температуры наружного воздуха в ограждениях протекают нестационарные тепловые процессы [1]. В течение суток происходят периодические изменения температуры вследствие солнечной инсоляции, в течение каждого месяца наблюдается определенная периодичность изменения температуры с периодом несколько дней.

Если температура наружного воздуха меняется по гармоническому закону:

$$\Theta_n = T_{mn} \cos \omega\tau ,$$

то теплообмен при граничных условиях третьего рода описывается выражением:

$$\lambda \frac{\partial T(0,\tau)}{\partial x} + \alpha \ \left[T_{mc} - T(0,\tau)\right] = 0$$

где T_{mn} – амплитуда изменения температуры; α – коэффициент теплоотдачи; λ – коэффициент теплопроводности; ω – круговая частота.

Температура в любой точке ограждения совершает гармонические колебания [2, с. 145]:

$$\Theta = \Theta_a \exp\left(-\frac{x}{\Delta}\right)\left(\cos \omega\tau - \frac{x}{\Delta} - M\right),$$

где x – координата, которая отсчитывается от наружной поверхности; $\Delta = \sqrt{2a / \omega}$; a – коэффициент температуропроводности.

При этом амплитуда температуры наружной поверхности уменьшается, происходит также сдвиг по фазе. Максимальная безразмерная амплитуда колебания температуры Θ_a на наружной поверхности стенки и смещение по фазе колебания температуры поверхности стенки M по отношению к колебанию температуры окружающей среды зависят от периода колебаний P, коэффициента теплоотдачи α и коэффициента температуропроводности a [2, с. 147]:

$$\Theta_a = \left(1 + \frac{2\lambda}{\alpha}\sqrt{\frac{\pi}{aP}} + \frac{2\pi\lambda^2}{\alpha^2 aP}\right)^{-\frac{1}{2}};$$

$$M = \operatorname{arctg}\left(\frac{1}{1 + \frac{\alpha}{\lambda}\sqrt{\frac{aP}{\pi}}}\right).$$

Одномерное нестационарное температурное поле в стенке описывается уравнением:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}.$$

Используя теорию рядов Фурье можно представить зависимость температуры наружного воздуха от времени в виде суммы гармонических составляющих с разными частотами. Для исследования температурных волн в толще стен можно применить широко используемый в электротехнике символический метод и решать уравнение нестационарной теплопроводности для комплексной температуры [3]:

$$\frac{d^2 \dot{T}(x)}{dx^2} = \frac{j\omega}{a} \dot{T}.$$

Решение этого уравнения для стенки описывает затухающие температурные волны:

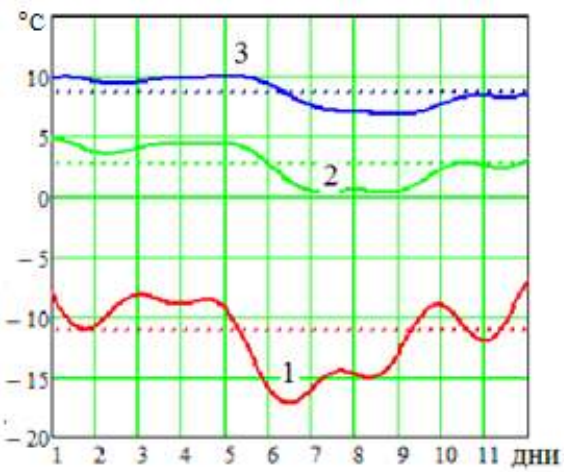
$$\dot{T}(x) = C_1 \exp\left(-\frac{x}{\Delta}\right) + C_2 \exp\left(\frac{x}{\Delta}\right).$$

Первое слагаемое соответствует прямой волне, второе – обратной. На расстоянии $\Delta = \sqrt{2a / \omega}$ амплитуда волны затухает в *e* раз. По аналогии с электротехникой Δ можно назвать глубиной проникновения тепловой волны.

Глубина проникновения зависит от теплофизических параметров ограждения и частоты изменения температуры наружного воздуха:

Период, часы	4	12	24	48
Период, секунды	14 400	43 200	86 400	$1{,}728 \cdot 10^5$
Глубина проникновения, м	0,056	0,097	0,138	0,195
Отношение глубины проникновения к толщине стенки	0,1	0,179	0,26	0,36
Максимальная безразмерная амплитуда колебания температуры	0,569	0,097	0,138	0,195
Смещение по фазе колебания температуры	0,372	0,263	0,204	0,154

Расчеты нестационарных температурных полей позволили получить цифровые двойники тепловых процессов в ограждениях [3, 5]. На рисунке приведены расчетные зависимости изменения температуры в наружной стенке в течение двенадцатидневного периода при температуре внутреннего воздуха 20 °С и средней температуре наружного воздуха – 12 °С.



Изменение температуры на наружной поверхности стенки (*1*),
в середине стенки (*2*) и на 3/4 толщины стенки (*3*)

Пунктиром нанесены постоянные составляющие температуры, соответствующие стационарному режиму. В глубине стенки уменьшается амплитуда колебаний и меняется фаза. Максимум и минимум температуры на разных глубинах наступают в разное время. Отклонение температуры от средней уменьшается по глубине стенки. Постоянная составляющая равна температуре при стационарном процессе. Перепад температуры между наружным воздухом и поверхностью стенки в стационарном режиме зависит только от коэффициентов теплоотдачи, при нестационарном режиме уменьшение амплитуды колебаний температуры зависит также от периода колебаний, чем меньше период, тем сильнее затухают колебания. Затухание колебаний возрастает по мере заглубления в толщу стенки.

Для обеспечения комфортных условий в отапливаемых помещениях при минимальном расходе тепловой энергии необходимо применение автоматического погодозависимого управления отоплением на каждом объекте. Цифровой двойник позволяет выявить основной тренд, влияющий на аккумулированное стенкой тепло, позволяет определить среднеинтегральную температуру и отсечь от автоматического регулятора быстрые колебания теплового режима, вызванные инсоляцией и колебаниями скорости ветра, так как эти колебания практически затухают на половине толщины стенки.

Математическим моделированием созданы методики расчета режимов погодозависимого прогнозного и дежурного отопления [3–5] и цифровые двойники, с помощью которых можно вести прогнозное управление отоплением с учетом изменения температуры наружного воздуха и ее производной по времени по данным гидрометеоцентра. Алгоритм адаптивного управления обеспечивает компенсацию тепловых потерь через ограждающие конструкции с учетом аккумулированного в них тепла, предоставляет возможность поддерживать температуру воздуха в помещениях на заданном уровне при изменении температуры наружного воздуха.

Источники

1. Исследование нестационарных тепловых режимов отопления зданий и сооружений / В.В. Афанасьев [и др.] // Вестник Чувашского университета. 2015. № 1. С. 20–29.

2. Лыков А.В. Тепломассообмен: справ. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергия, 1978. 480 с.

3. Тарасова В.В. Математическое моделирование нестационарных процессов теплопередачи // Региональная энергетика: проблемы и решения: сб. науч. тр. Чебоксары, 2013. Вып. IX. С. 128–144.

4. Адаптивное управление режимом теплоснабжения здания с помощью автоматизированного теплового пункта / В.В. Тарасова [и др.] // Вестник Чувашского университета. 2016. № 3. С. 117–123.

5. Mathematical modeling of the forecast and standby heating modes / V.A. Tarasov [et al.] // Power engineering: research, equipment, technology. 2019. Vol. 21, Iss. 3. Pp. 73–85.

УДК 53-083.94

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПРОГНОЗ РАЗВИТИЯ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ВЯЗКОСТИ ПОТОКА НЕФТИ

Ушкова Таисия Олеговна[1], Шпенст Вадим Анатольевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», г. Санкт-Петербург
[1]ushkovataisiya@mail.ru, [2]shpenst@spmi.ru

В работе обоснована необходимость измерения вязкости на магистральных нефтепроводах. Рассмотрены особенности нефтяного потока, магистральных трубопроводов и тенденции развития нефтяной промышленности. Произведён анализ существующих и разрабатываемых методов вискозиметрии с точки зрения контроля магистральных нефтяных потоков. Авторы выдвигают гипотезу о перспективе измерения вязкости радиоизотопным методом. Они приводят сведения о работе радиоизотопных измерительных приборов и дают рекомендации для дальнейших исследований.

Ключевые слова: измерение, вязкость, нефть, транспорт, трубопровод, многофазный поток, радиоизотопное излучение, цифровизация.

CURRENT STATE AND FUTURE DEVELOPMENT OF METHODS FOR MEASURING OIL FLOW VISCOSITY

Ushkova Taisiia Olegovna[1], Shpenst Vadim Anatolievich[2]
[1,2]FGBOU VO “St. Petersburg Mining University”, St. Petersburg
[1]ushkovataisiya@mail.ru, [2]shpenst@spmi.ru

The paper substantiates the necessity of viscosity measurement on trunk oil pipelines. The authors review the features of the oil flow, trunk pipelines and trends in the development of the oil industry. They analyze the existing and developing methods of viscometry in terms of control of trunk oil flows. The authors put forward a hypothesis about the prospect of measuring viscosity by radioisotope method. They give information about the operation of radioisotope measuring devices and give recommendations for further research.

Keywords: measurement, viscosity, oil, transportation, pipeline, multiphase flow, radioisotope radiation, digitalization.

Мировые запасы тяжелой высоковязкой нефти и битумов более чем в 2 раза превышают запасы лёгкой нефти [1]. К их транспорту повсеместно привлекаются методы снижения вязкости, включая метод автоматического управления вязкостью нефтяного потока электрообогревом трубопровода скин-кабелями. Внедрение в систему управления поточных вискозиметров привело бы к значительной минимизации энергозатраты на транспорт тяжелой высоковязкой нефти [2].

Для того, чтобы вискозиметр отвечал потребностям магистрального трубопровода, необходимо соответствие следующим требованиям: производить поточные измерения, способность к бесконтактным измерениям потока в стальном трубопроводе диаметром до 1 420 мм, подходить для контроля трёхфазного потока, функционировать на светонепроницаемых потоках, контроль потока по всему объёму, контролировать поток с сильно изменяющимся химическим составом, производить измерения при турбулентном режиме движения потока, корректно функционировать при колебаниях степени наполнения нефтепровода, измерять помимо вязкости и другие параметры [3–5].

В ходе научного исследования были проанализированы новейшие разработки в сфере вискозиметрии жидкости и произведена оценка их соответствия требованиям магистральных трубопроводов. Анализ научной литературы показал, что стандартно применяемые в нефтяной промышленности методы измерения вязкости, такие как метод Стокса, метод капиллярного истечения и ротационный метод, не удовлетворяют требованиям систем управления вязкостью нефти, ввиду того что позволяют производить только периодические измерения, контролируя маленькие объёмы образцов [6]. Современные бесконтактные поточные вискозиметры не применимы для контроля вязкости гетерогенного непрозрачного нефтяного потока, транспортируемого в турбулентном режиме по магистральным нефтепроводам.

Необходимо создание нового бесконтактного, поточного, полностью автоматического метода измерения вязкости отвечающего особенностям турбулентного нефтяного потока нефти. Автор выдвигает научную гипотезу, что такой метод измерения может быть основан на основании анализа данных полученных радиоизотопным методом измерения.

Измерения, проводимые радиоизотопным датчиком, основаны на принципе ослабления ионизирующего излучения нефтяным потоком, протекающим между блоком излучения и блоком детектирования. Ионизирующее излучение возникает вследствие распада радионуклида Cs-137 с выделением фотонов со средней энергией 661 кэВ. Выделенные фотоны, проходя через узкое отверстие в блоке излучения, просвечивают трубопровод с нефтяным потоком, претерпевая фотоэлектронное поглощение и комптоновское рассеивание. В результате блок детектирования фиксирует меньшее число фотонов, обладающее меньшей средней энергией [7].

Ослабление интенсивности измеряют по закону Гуго – Ламберта – Бера, характеризующему зависимость интенсивности гамма-излучения от плотности и линейного коэффициента ослабления вещества:

$$I_n = I_n \exp\left(-\mu_{n0} d\right) = I_{n0} \exp\left(-\mu_n \rho d\right),$$

где I_{n0}, I_n – интенсивности излучения начального и прошедшего через контролируемое вещество; μ_{n0}, μ_n – линейный и массовый коэффициенты ослабления излучения средой; ρ – плотность контролируемого вещества; d – линейный размер контролируемого вещества [8].

Для обоснования применимости радиоизотопного метода с целью измерения вязкости магистрального потока товарной нефти авторами запланировано имитационное моделирование нефтяного потока и радиоизотопного измерительного прибора в программе Ansys Fluent и анализ полученных сигналов с использованием программного обеспечения MatLAB. Необходима дальнейшая проверка корректности функционирования разработанной модели путём произведения натурных экспериментов и применение полученных в ходе эксперимента данных для повышения точности имитационной модели.

Источники

1. Вторичное использование малосернистых нефтяных остатков в качестве основы для котельного и судового топлива / Зверева Э.Р. [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 1. С. 16–28.

2. Ahuja A., Lee R., Joshi Y.M. Advances and challenges in the high-pressure rheology of complex fluids [Электронный ресурс] // Advances in Colloid and Interface Science. 2021. Vol. 294. URL: https://www.sciencedirect.com/journal/advances-in-colloid-and-interface-science/vol/294/suppl/C (дата обращения: 27.10.2022).

3. Левин В.М., Гужов Н.П., Боярова Д.А. К вопросу об эффективности управления ремонтами электрооборудования нефтедобычи со стратегией по техническому состоянию // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 1. С. 39–51.

4. Гапоненко С.О., Фазлиев Р.А., Калинина М.В. Метод повышения эффективности тепловой изоляции трубопроводов // Вестник Казанского Государственного Энергетического Университета. 2021. Т. 13, № 2 (50). С. 142–147.

5. Fossil Energy in the Framework of Sustainable Development: Analysis of Prospects and Development of Forecast Scenarios [Электронный ресурс] / Y.L. Zhukovskiy [et al.] // Energies. 2021. Vol. 14, Iss. 17. URL: https://www.mdpi.com/1996-1073/14/17/5268 (дата обращения: 23.10.2022).

6. Anderson A.M., Bruno B.A., Smith L.S. Viscosity Measurement // Handbook of Measurement in Science and Engineering. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2013. 2096 p.

7. Герасименко А.С., Дорохов С.В., Криворотова В.В. Особенности прямых измерений для оценки объемной активности радионуклидов в воздухе рабочей зоны // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Vol. 24, Iss. 3. Pp. 3–14.

8. Diaz J. et al. Development of a More Accurate Dynamic Bias Error Model for Two-Phase Flow Measurements Performed with Radiation Transmission [Электронный ресурс] // International Journal of Multiphase Flow. 2022. Vol. 146. URL: https://www.sciencedirect.com/journal/international-journal-of-multiphase-flow/vol/146/suppl/C (дата обращения: 23.10.2022).

УДК 621-505.8

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И ПРИБОРА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Хабибуллина Алина Джалильевна[1], Козелков Олег Владимирович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]alinka_3_5 @mail.ru, [2]ok.1972@list.ru

В статье рассматриваются и сравниваются анализаторы качества электроэнергии класса А в отношении измерений гармонических искажений напряжения, основанное на результатах лабораторного испытания.

Ключевые слова: параметры электроэнергии, мощность, анализаторы, искажения.

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF METHODS AND DEVICES FOR QUALITY CONTROL OF ELECTRICITY

Khabibullina Alina Jalilievna[1], Kozelkov Oleg Vladimirovich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]alinka_3_5 @mail.ru, [2]ok.1972@list.ru

In this article, Class A power quality analyzers are considered and compared with respect to measurements of harmonic voltage distortions based on laboratory test results.

Keywords: electricity parameters, power, analyzers, distortions.

Рассмотрим сравнение анализаторов качества электроэнергии класса А в отношении измерений гармонических искажений напряжения, основанное на результатах лабораторных испытаний. Целью этих испытаний была оценка разброса результатов измерений анализаторов, подключенных к одному и тому же источнику. При этом предполагалось, что при одновременных измерениях одного и того же напряжения разброс показаний должен быть не больше ±5% от измеряемого значения.

Сегодня качество электрической энергии стало пониматься как «продукт», который может быть лучше или хуже, несоблюдение требований к нему, подтверждается результатами измерений, может стать основой взаимных финансовых требований операторов системы распределения и потребителей.

Одним из главных параметров, принимаемых во внимание при оценке качества электроэнергии, является уровень искажений напряжения. Эти искажения характеризуются величинами каждого гармонического компонента в спектре сигнала.

Изучим процесс проведения проверки того, что показания разных анализаторов качества электроэнергии находятся в пределах заданного диапазона неопределённости при измерении одного и того же сигнала.

Список анализаторов качества электроэнергии:

Изготовитель	Анализатор качества электроэнергии
A-eberle	PQI-DA
Fluke	Fluke 345
Lem (Fluke)	Topas 1000
Mikronika	SO-52vll-eME
Procom System	Certan PQ-100
PSL	PQube
Schneider	ION7650
Siemens	Siemas Q80
Sonel	PQM-701

Так как некоторые из испытуемых анализаторов представляют измеренные значения каждой гармоники только как относительные значения (выраженные в процентах) или только как абсолютное значения (выраженные в вольтах), для дальнейшего анализа было необходимо привести все результаты к одному типу данных. Было решено использовать относительные значения, выраженные в процентах.

Результаты испытаний анализаторов качества электроэнергии. При испытаниях сигналы с искажениями различной степени подавались на входы приборов.

Определение значений отдельных гармоник.

При первом испытании на входы анализаторов качества электроэнергии подавался сигнал с известными значениями отдельных гармоник:

Номер гармоники	Частота, Гц	Напряжение U_{rmsh}/U_{rms1}, %
1	50	100
2	100	1
3	150	5
4	200	1
5	250	5
6	300	1
7	350	5
8	400	1
9	450	1
10	500	1
11	550	5
12	600	1
13	650	5
14	700	1
15	750	1

Сигнал содержал гармоники, которые соответствуют гармоникам тока, форма которого искажена 6-пульсным выпрямителем. Записанная осциллограмма напряжения приведена на рис. 1.

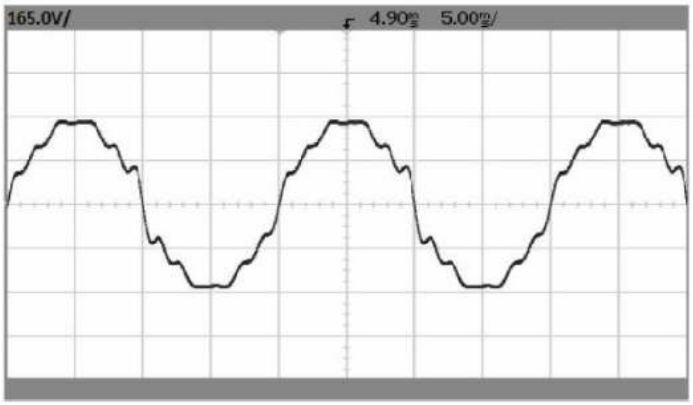


Рис. 1. Форма напряжения при испытании I, 6-пульсный выпрямитель

Анализ полученных данных измерений (табл. 3, рис. 2) показывает, что разброс результатов, как для отдельных гармоник, так и для THD находится в диапазоне ±5 % от среднего значения:

Анализатор	THD %	Номер гармоники				
		1	2	3	4	5
1	11,40	100,00	0,99	5,08	0,99	5,01
2	11,56	100,00	1,01	5,12	1,02	5,07
3	11,44	100,00	1,01	5,08	1,02	5,03
4	11,51	100,00	1,01	5,09	1,03	5,04
5	11,50	100,00	1,00	5,10	1,00	5,00
6	11,40	100,00	1,00	5,10	1,00	5,00
7	11,46	100,00	1,00	5,10	1,01	5,04
8	11,49	100,00	1,01	5,09	1,01	5,04
9	11,49	100,00	1,00	5,10	1,02	5,04
10	11,50	100,00	1,00	5,10	1,01	5,04
Среднее	11,47					
Разброс	+0,74%					

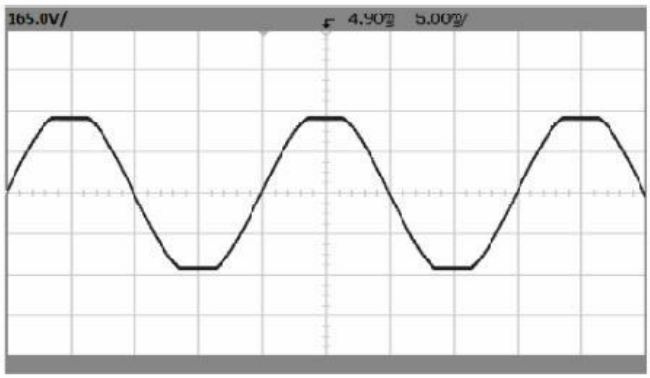


Рис. 2. Форма напряжения при испытании II, кривая с плоской вершиной

Анализ полученных результатов приводит к следующим выводам: приборы № 1, 2 и 5 определяют THD правильным способом. Значение около 30 % было ожидаемым в каждом интервале;

Все анализаторы качества электроэнергии, использовавшиеся в этих опытах, согласно утверждениям изготовителей соответствуют требованиям стандарта МЭК 61000-4-30. Первое испытание не выявило каких-либо противоречий этим утверждениям, то есть разброс результатов находился в пределах ± 5 % от измеряемой величины.

Источники

1. Анчарова Т.В., Рашевская М.А., Стебунова Е.Д. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений: учеб. М.: Форум, 2018. 192 с.
2. Воронин С.М., Калинин А.Э. Энергосбережение: учеб. пособие. Зерноград, 2018. 257 с.
3. Карташев И.И., Подольский Д.С. Системный подход к управлению качеством электрической энергии // Электричество. 2009. № 5. С. 2–7.
4. Litvak V.V., Markman G.Z. Improving the efficiency of information support for energy surveys // Industrial Power Engineering. 2016. No. 5.
5. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение / Ю.Д. Сибикин. М.: Радио и связь, 2018. 328 с.

УДК 543.429.23

НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ МАССИВА МАГНИТОВ ДЛЯ СКВАЖИННЫХ АЗИМУТАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ МЕТОДОМ ПРОТОННОГО МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА

Чан Ван Тунг
Ханойский промышленный университет, Вьетнам
tranvantungcnd@gmail.com

В статье реализуется новая квадрупольная магнитная конфигурация, предназначенная для выполнения скважинных азимутальных измерений. Новый массив квадрупольных магнитов состоит из четырех магнитов, объединенных с дополнительными небольшими шестиугольными магнитами. Этот магнитный массив способен создавать более высокую напряженность и более высокую однородность статического поля наряду с окружным направлением при большей глубине исследования. Азимутальные измерения методом протонного магнитного резонанса достигаются за счет использования массива катушек в сочетании с массивом квадрупольных магнитов.

Ключевые слова: азимутальный, измерение, скважинный, квадрупольный, магнит, протонный, магнитный, резонанс.

NEW MAGNET ARRAY DESIGN FOR DOWN HOLE NUCLEAR MAGNETIC AZIMUTHAL MEASUREMENTS

TranVanTung
Hanoi University of Industry, Vietnam
tranvantungcnd@gmail.com

In the paper realized a configuration of a new quadrupolar magnet array aimed to achieving borehole azimuthal measurements. A new quadrupolar magnet array is consisted of four bread-shaped magnets combined with additional small hexangular magnets. This magnet array is capable to produce higher strength and higher homogeneity of static field along with circumferential direction at deeper depth of investigation. Azimuthal measurements by the method of proton magnetic resonance are achieved by using coil array combined with quadrupolar magnet array.

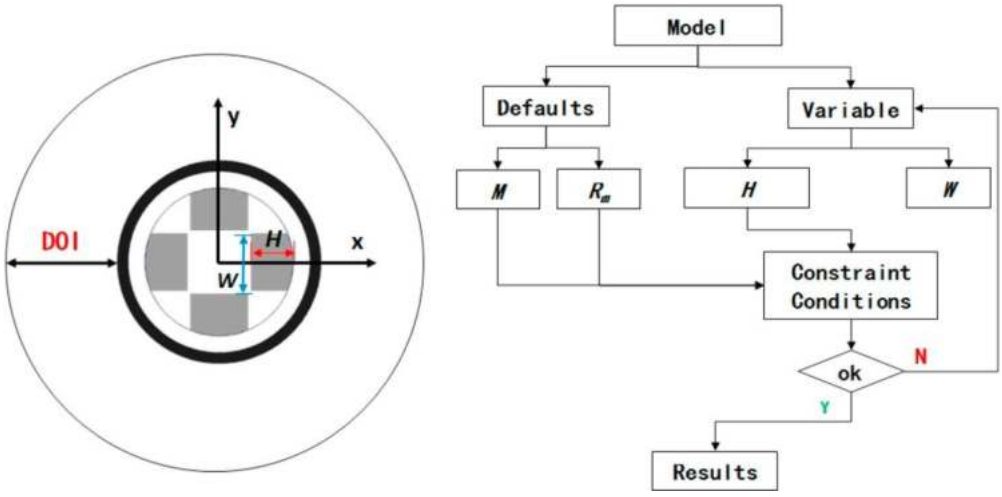
Ключевые слова: azimuthal, measurement, borehole, quadrupole, magnet, proton, magnetic, resonance/

Магнитная сборка Хальбаха для измерений в нефтяном пласте флюидов методом протонного магнитного резонанса может иметь линейную, круговую, цилиндрическую или сферическую геометрию. Эти массивы

магнитов могут создавать диполярное или мультиполярное поле внутри или снаружи отверстия магнита. В двумерной полярной системе координат взаимосвязь между азимутальным положением и направлением намагниченности магнита M в круглой или цилиндрической сборка Хальбаха может быть выражена соотношением:

$$M\left(R,\theta\right)=M_0\begin{Bmatrix}\cos\alpha\\ \sin\alpha\end{Bmatrix}, \tag{1}$$

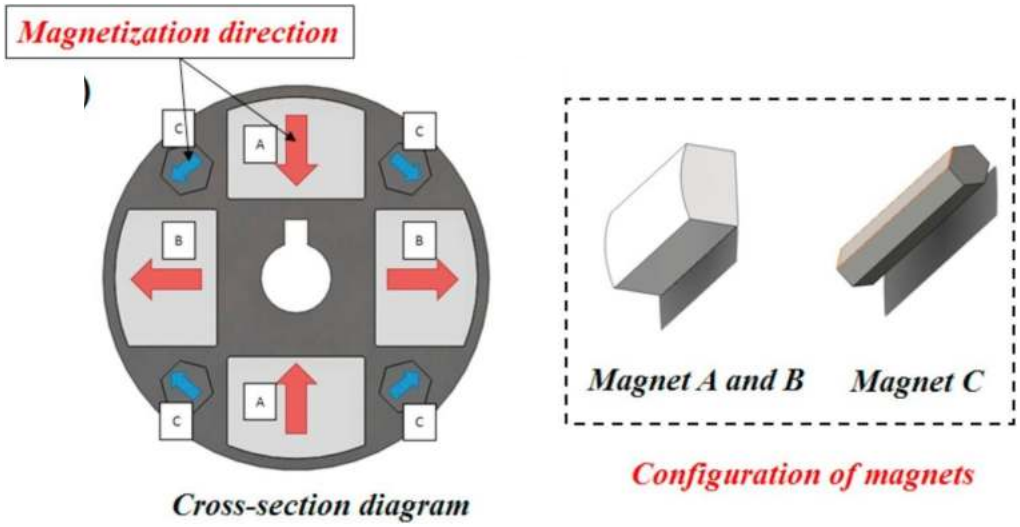
здесь $\alpha = (m + 1)$; R – радиус сборки Хальбаха; α – направление намагниченности магнитного блока; θ – азимутальный угол; m – является целым числом и представляет количество пар полюсов: $m = 1$ для диполярного, $m = 2$ для квадрупольного и т. д. На рис.1 представлен процесс оптимизации сборки Хальбаха.



а *б*

Рис. 1. Рабочий процесс оптимизации

В 2*D*-модели длину массива магнитов можно рассматривать как бесконечность. В этой работе программа *Ansys Maxwell* была использована в качестве нашего инструмента численного моделирования и оптимизации параметров с использованием метода *FEM*. Как показано на рис. 1, *а*, оптимизированными переменными являются ширина H и высота W магнитных блоков, каждый из которых имеет одинаковый размер. На рис. 1, *б* показан рабочий процесс процедуры оптимизации, где R_m – внешний радиус магнита.



а *б*

Рис. 2. Схематическое изображение массива магнитов

Массив магнитов показан на рис. 2. Он состоит из трех типов магнитных блоков. Магниты *A* и *B* имеют одинаковую геометрию, но с разным направлением намагниченности, подчиняющимся уравнению (1). Магнит C представляет собой небольшой шестиугольный магнит, добавленный в угол между массивами магнитов *A* и *B*. На рис. 3 показана карта поля этого магнитного массива. Как показано на рис. 3, *а*, расположение и намагниченность массива магнитов могут создавать квадруполярное поле внутри и снаружи отверстия магнита, магнитный поток начинается с магнита *B* и заканчивается на магните *A*. Интересно, что поток, создаваемый магнитом C, не влияет на форму линий потока, но увеличивает напряженность и однородность поля. Направление поля при 0°, 90°, 180° и 270° отличается, что приводит к азимутальной форме поля.

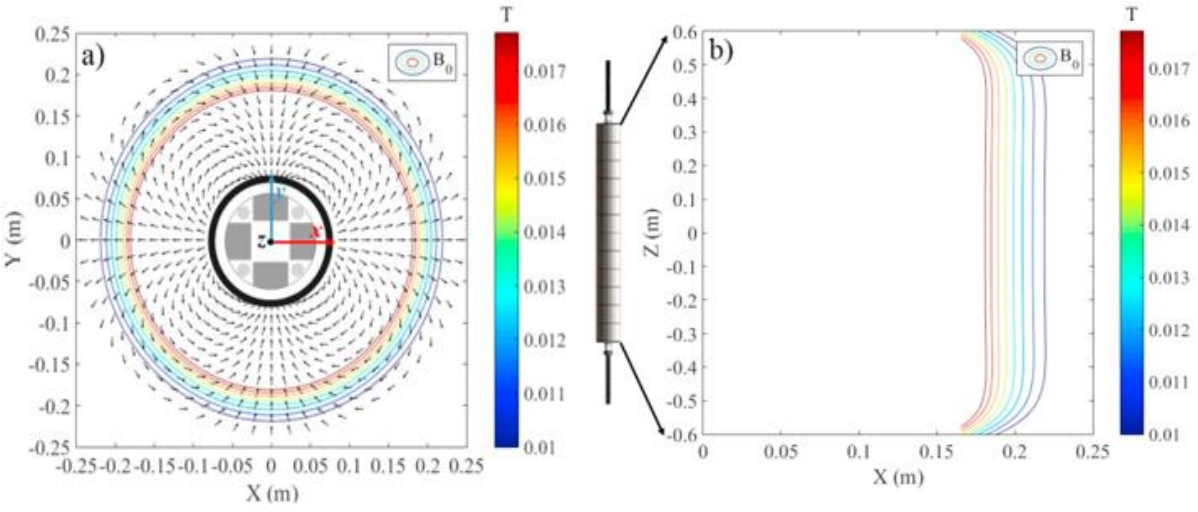


Рис. 3. Карта поля массива магнитов: *а* – распределение магнитного потока *X* и вектора B_0 в плоскости *x*–*y*; *б* – изолинии магнитной напряженности в плоскости *x*–*z*

Изолинии напряженности поля на рис. 3, *б* показывают, что для определенной рабочей резонансной частоты каждое азимутальное измерение имеет одинаковую ГИ (глубину исследования) в пласте. Изолинии напряженности поля для одного азимутального направления $Z(\mathrm{m})$ в плоскости x–z в диапазоне от – 40 см до 40 см (относительно точки $z = 0$ см) показывают, что однородность поля магнитной сборки по оси z удовлетворительная. Из-за краевого эффекта, вызванного конечной длиной массива магнитов, напряженность поля будет быстро уменьшаться на краях. Подходящая длина массива магнитов должна быть определена с учетом практических требований к эксплуатации, и предварительно поляризованные магниты могут быть добавлены по краям вышеупомянутой магнитной системы для обеспечения более высокого коэффициента предварительной поляризации.

Источники

1. Dunn K.J., Bergman D.J., Latorraca G. A. Nuclear magnetic resonance: petrophysical and logging applications. Pergamon: Elsevier Science, 2002. 312 p.

2. Brown R.J.S., Gamson B.W. Nuclear magnetism logging // Petroleum Techn. 1960. Vol. 219. Pp. 199–207.

3. Cooper R.K., Jackson.J.A. Remote NMR: I. Remote production of a region of homogeneous magnetic field // Journal of Magnetic Resonance Imaging. 1980. Vol. 41, Iss. 3. Pp. 400–405.

4. Burnett L.J., Jackson J.A. Remote (inside-out) NMR: II. Sensitivity of NMR detection for external samples // Journal of Magnetic Resonance Imaging. 1980. Vol. 41, Iss. 3. Pp. 406–410.

5. Jackson J.A., Burnett L.J., Harmon F. Remote (inside-out) NMR: III. Detection of nuclear magnetic resonance in a remotely produced region of homogeneous magnetic field // Journal of Magnetic Resonance Imaging. 1980. Vol. 41, Iss. 3. Pp. 411–421.

6. Киен Н.Т., Кашаев Р.С. Стенд ПМР-анализатора для измерения вязкости и состава многокомпонентных жидкостей методом ЯМР-релаксометрии // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22, № 2. С. 108–116.

УДК 621.22

РАЗРАБОТКА И МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ ГИДРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

Шайхутдинова Ляйля Рамисовна[1], Смирнова Светлана Васильевна[2]
ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань
[1]shayhutdinovalyailya@gmail.com, [2]kai@kai.ru

В данной статье рассматривается подробное описание процесса разработки электрической принципиальной схемы гидроэнергетической установки посредством поэтапного рассмотрения ее функциональных блоков.

Ключевые слова: электроэнергия, пьезоэлектричество, гидроэнергетическая установка, экологическая система, пьезогенератор.

DESIGN AND MODELING OF PRINTED CIRCUIT BOARDS FOR A HYDROPOWER PLANT

Shaykhutdinova Layla Ramisovna[1], Smirnova Svetlana Vasilyevna[2]
[1,2]KNRTU-KAI, Kazan
[1]shayhutdinovalyailya@gmail.com, [2]kai@kai.ru

This article deals with a detailed description of the process of developing the electrical circuit diagram of a hydroelectric power plant by considering its functional blocks step by step.

Keywords: electric power, piezoelectricity, hydropower plant, ecological system, piezogenerator.

Проектирования печатной платы устройства в приложении Ultiboard будет осуществлялось по следующему алгоритму:

Основываться на электрическую схемы разрабатываемого устройства. Перед интегрированием схемы в Ultiboard вместо виртуальных элементов необходимо подобрать реальные электрические элементы из базы программы.

Проектировку печатных плат начнем с платы блока стабилизации напряжения, схема которой приведена ниже (рис. 1). Далее по той же технологии делаются и платы блока преобразователя напряжения с элементами индикации (рис. 2, *а*) и блока питания (рис. 2, *б*). Так как ПО не является отечественной разработкой, необходимо подобранную элементную базу заменить на элементы, аналогичные и присутствующие в базе данной программы.

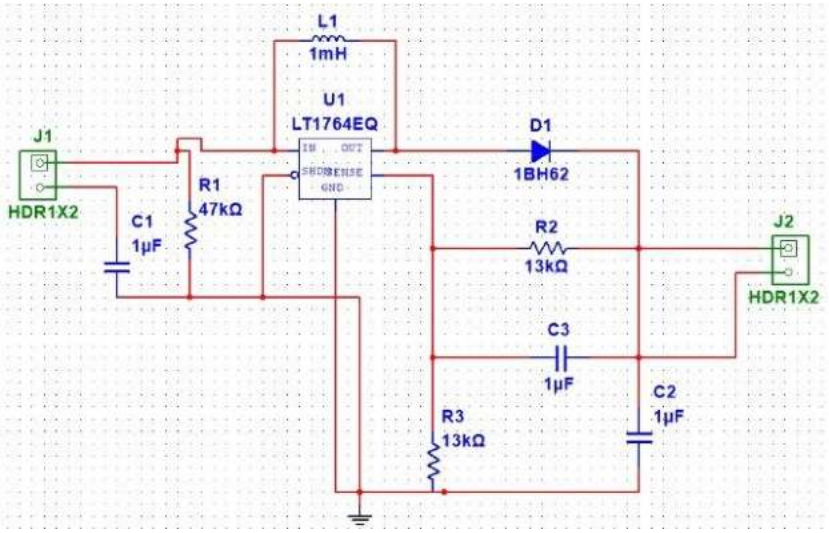
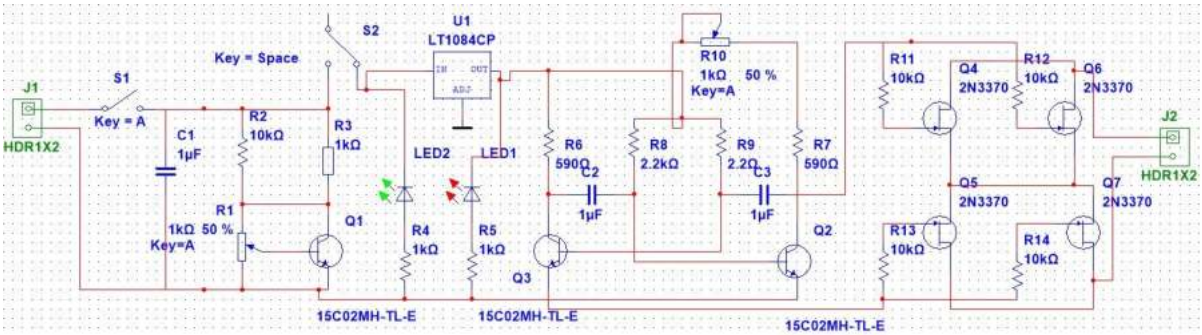
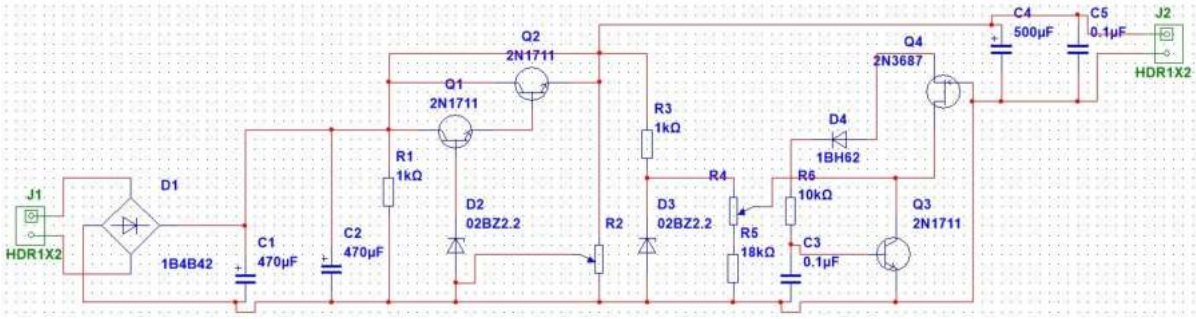


Рис. 1. Схема блока стабилизации напряжения для моделирования в MultiSim



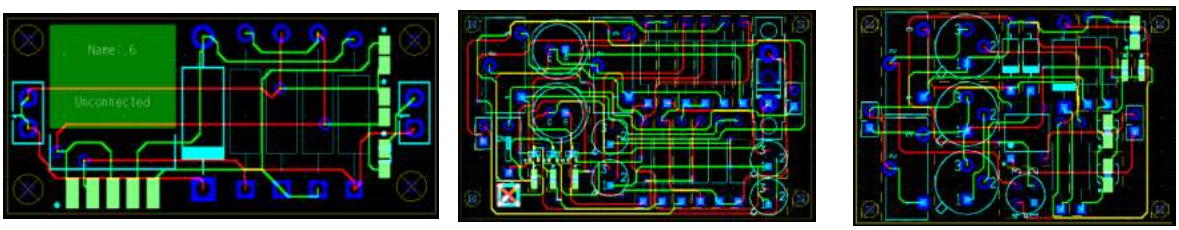
а



б

Рис. 2. Схемы блоков преобразователя напряжения для моделирования в MultiSim (*а*) и питания (*б*)

Теперь интегрируем данную схему в Ultiboard (рис. 3). После проделанной операции автоматически открывается программа Ultiboard. Компоновку элементов можно выполнять вручную, либо благодаря функции «Авто трассировка». Была выбрана ручная компоновка элементов для компактности расположения элементов на печатной плате.



а *б* *в*

Рис. 3. Трассировка печатных плат в Ultiboard: *а* – плата стабилизации напряжения; *б* – плата преобразователя напряжения; *в* – плата питания

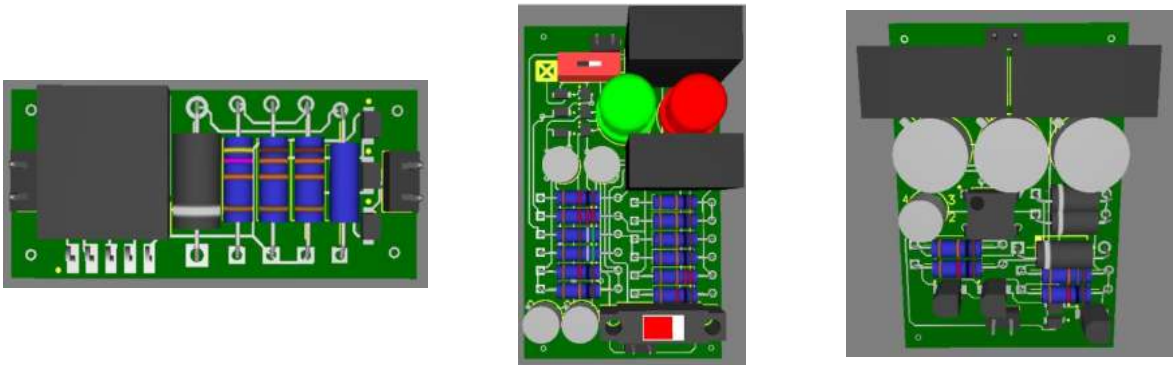
Размеры задаются также вручную (см. таблицу).

Таблица

Размеры печатных плат устройства ГЭУ

Размеры, мм	Плата блока		
	стабилизации напряжения	преобразователя напряжения	питания
Ширина	36,068	56,134	32,004
Высота	16,256	33,020	47,752

Далее выводим на экран 3D-вид модели печатной платы (рис. 4).



а *б* *в*

Рис. 4. 3*D*-вид моделей печатных плат: стабилизации напряжения (*а*), преобразователя напряжения (*б*) и питания (*в*)

Для каждой из печатных плат был произведен расчет показателей надежности всех радиоэлементов. Вероятность безотказной работы в течение определенного времени (время работы – безотказность):

10 ч – 1; 100 ч – 0,996; 1 000 ч – 0,955; 10 000 – 0,663.

Среднее время безотказной работы устройства – 24 318 ч.

Источники

1. Шарапов В.М., Мусиенко М.П., Шарапова Е.В. Пьезоэлектрические датчики. М.: Техносфера, 2006. 632 с.

2. Пьезокерамические трансформаторы и датчики / В.М. Шарапов; под ред. В.М. Шарапова. Черкассы: Вертикаль, 2010. 278 с.

3. Гусев В.Г., Гусев Ю.М., Электроника и микропроцессорная техника: учеб. для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 2004. 790 с.

4. Шайхутдинова Л.Р. Обоснование выбора алгоритмов обработки информации и типовой структуры генерации электрической энергии // XXV Туполевские чтения (школа молодых ученых): матер. Междунар. молод. науч. конф. Казань, 2021. Т. 4. С. 353–360.

5. Шайхутдинова Л.Р., Смирнова С.В. Получение экологически чистой энергии посредством пьезогенераторов // Биотехнические, медицинские и экологические системы, измерительные устройства и робототехнические комплексы. Биомедсистемы – 2021: матер. XXXIV Всерос. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. Рязань, 2021. С. 66–69.

УДК 62-503.55

ИССЛЕДОВАНИЕ ПСИХРОМЕТРИЧЕСКОГО ДАТЧИКА ВЛАЖНОСТИ НА ОСНОВЕ ТЕРМОПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ

Шакиров Айнур Ильсурович, Малёв Николай Анатольевич
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]ainurshakirov2014@gmail.com, [2]maleeev@mail.ru

Целью работы является расчет и исследование психрометра с термопреобразователями сопротивления, а также формирование алгоритма контроля измеряемой физической величины с использованием микропроцессорных технологий на базе *Arduino*, обеспечивающего повышение точности измерения относительной влажности. В исследовании используются методы современной теории программирования микроконтроллеров, математического и компьютерного моделирования.

Ключевые слова: психрометр, термопреобразователь сопротивления, влажность воздуха, расчет.

STUDY OF A PSYCHROMETRIC HUMIDITY SENSOR BASED ON A RESISTANCE THERMAL CONVERTER

Shakirov Ainur Ilsurovich[1], Malev Nikolay Anatolievich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]ainurshakirov2014@gmail.com, [2]maleeev@mail.ru

The aim of the work is to calculate and study a psychrometer with resistance thermal converters, as well as to develop an algorithm for controlling the measured physical quantity using Arduino-based microprocessor technologies, which improves the accuracy of relative humidity measurement. The study uses methods of modern theory of microcontroller programming, mathematical and computer modeling.

Keywords: psychrometer, resistance thermometer, air humidity, calculation.

Психрометр относится к области приборостроения, посвященной приборам для измерения влажности и может быть использован для решения широкого класса задач в разных технических системах и технологических процессах в различных отраслях промышленности. Психрометры являются наиболее традиционными и хорошо изученными приборами для контроля состояния воздуха. Главными достоинствами использования психрометров являются низкая инерционность, простота и надежность конструкции, малая погрешность.

Трудоспособность человека и его отдых во многом зависят от условий, создаваемых в помещении, где он находится, в первую очередь от температуры и влажности воздуха. Для их контроля и создания систем обеспечения комфортных условий труда и отдыха используются различные измерители температуры и влажности. И если когда-то было достаточно иметь в помещении термометр и психрометр, то сейчас датчики должны не только измерять температуру и влажность и производить их индикацию, но и передавать данные для обработки и реагирования, например, для удаленного пользователя или в соответствующий блок автоматизированной системы управления климатом в помещении.

Чтобы исследуемое устройство в полной мере справлялось с поставленной задачей, нужно опытным путем подобрать компоненты, которые должны соответствовать требованиям исследования.

Характеристики датчика относительной влажности воздуха. В небольших объемах воздуха влажность и температура могут сильно меняться в течение короткого времени. Например, кабина управления самолетом или техническая емкость представляют собой замкнутые пространства, в которых включение отопительного устройства или охладителя приводит к быстрому и относительно резкому изменению указанных выше параметров. Одно из ключевых условий получения продукта заданного качества это поддержание заданной относительной влажности и температуры воздуха или паров воды в технологических процессах.

Особенностью датчика относительной влажности воздуха является то, что датчик имеет два чувствительных элемента: датчик абсолютной влажности и датчик температуры. Величина относительной влажности вычисляется процессорным элементом датчика.

Предположим, что датчик соответствует апериодическому звену первого порядка, и его переходная функция имеет следующий вид:

$$HR_s(t) = k\left(1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)\right) HR_1(t).$$

Постоянная времени реакции датчика определяется по экспериментальным данным, которые представляют собой последовательность замеров относительной влажности $\{HR_i\}$. Временной интервал между замерами постоянен и равен δ. Вычисление величины осуществляется путем минимизации рассогласования аппроксимирующей функции и экспериментальных данных:

$$\min_{k,\tau}\left[\sum_{i}\left(HR_s\left(i\delta\right)-HR_i+HR_0\right)^2\right].$$

Результаты измерений в виде графика приведены на рис. 1.

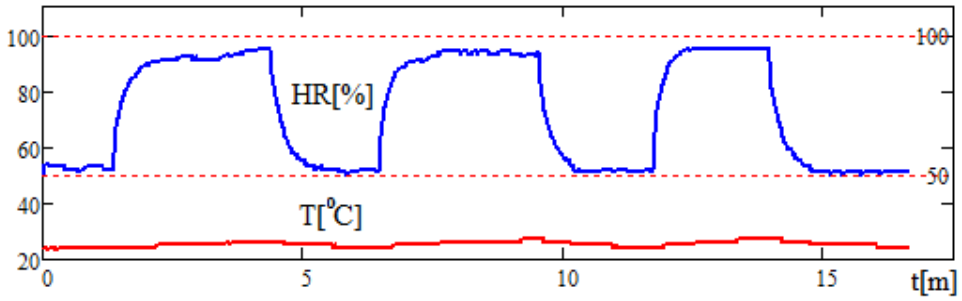


Рис. 1. Результат эксперимента по ступенчатому воздействию на датчик

Графики аппроксимирующей функции и усредненных экспериментальныхданных представлены на рис. 2.

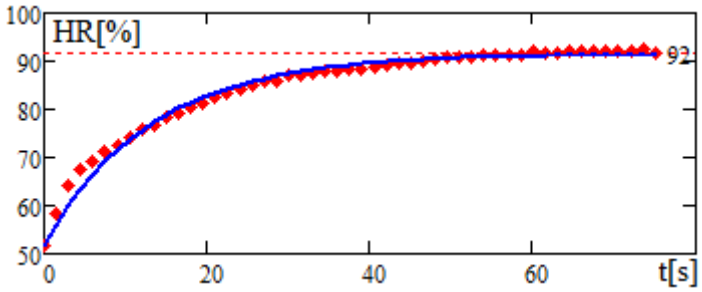


Рис. 2. Аппроксимирующая функция (сплошная линия) и усредненные экспериментальные данные (точки)

На рис. 3 приведены усредненные и нормированные результаты обработки данных о показаниях датчика при положительном и отрицательном ступенчатом изменении относительной влажности.

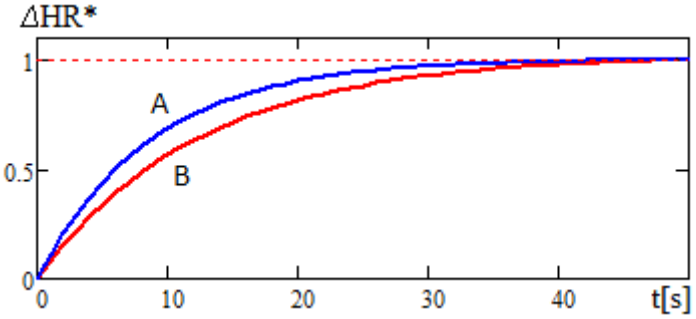


Рис. 3. Нормированные переходные характеристики датчикаотносительной влажности

Далее исходя из расчетов можно прийти к выводу, что датчик в 1,5 раза медленнее реагирует на снижение уровня относительной влажности, чем на её рост, что может являться следствием наличия гистерезиса у исследуемого датчика.

Источники

1. Приборы для определения влажности [Электронный ресурс]. URL: https:// tion.ru/blog/pribory-dlyaizmereniya-vlazhnosti-vozduha/ (дата обращения: 01.03.2022).

2. Вычужанин В.В. Измерение влажности воздуха датчиками Honeywell // Современная электроника. 2008. № 5. С. 8–10.

3. Электронный психрометр: пат. 1343329 СССР № 3853679; заявл. 07.02.1985; опубл. 07.10.1987, Бюл. № 37.

4. Расчет режима работы элемента Пельтье, используемого в качестве охладителя в модуле осушки проб воздуха [Электронный ресурс] / В.И. Капля [и др.] // Инженерный вестник Дона. 2017. № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4200/ (дата обращения: 21.10.2022).

5. Фрайден Дж. Современные датчики. Справочник / пер. с англ. Ю. А. Заболотной; под ред. Е.Л. Свинцова. М.: Техносфера, 2005. 588 с.

УДК 535.015

ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ДАТЧИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НАНОКРИСТАЛЛОВ YAG:R^{3+} (R = Dy, Yb, Ce)

Шурупов Дмитрий Николаевич[1], Пчёлкин Григорий Александрович[2],
Демидов Владимир Витальевич[3], Муссауи Амир[4], Булыга Дмитрий Владимирович[5]
[1]ФГБОУ ВО «СПбПУ Петра Великого»,
[2] ФГБОУ ВО «СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича»,
[1,2,3]АО «НПО ГОИ им С.И. Вавилова», [4,5] Университет ИТМО,
г. Санкт-Петербург
[1]shurupoff.dm@yandex.ru, [2]beegrig@mail.ru, [3]demidov@goi.ru,
[4]am.moussaoui92@gmail.com, [5]dmbulyga@yandex.ru

Разработаны и охарактеризованы люминесцентные датчики температуры простой конструкции на основе нанокристаллов YAG:R^{3+} (R = Dy, Yb, Ce) и многомодовых оптических волокон.. Функциональность этого сенсора определяется температурно-зависимым изменением интенсивности люминесценции ионов диспрозия (Dy^{3+}), иттербия (Yb^{3+}) и церия (Ce^{3+}), введенных в матрицу YAG. Использование этих добавок позволяет также отделить спектр люминесценции от теплового излучения, чтобы избежать их перекрытия, что может привести к ухудшению качества измерения температуры. Полученные материалы показали высокую чувствительность интенсивности люминесценции к изменению температуры на длинах волн 400 и 480 нм (YAG:Dy^{3+}), 550 нм (YAG:Ce^{3+}) и 1030 нм (YAG:Yb^{3+}) в диапазоне температур 20...500 °C.

Ключевые слова: волоконно-оптический датчик, температура, капилляр, многомодовый волоконный световод, нанолюминофор, алюмоиттриевый гранат, церий, иттербий, диспрозий, фотолюминесценция, чувствительность.

LUMINESCENT FIBER-OPTICAL SENSORS USING YAG:R^{3+} (R = Dy, Yb, Ce) NANOCRYSTALS

Shurupov Dmitry Nikolaevich[1], Pchelkin Grigory Alexandrovich [2],
Demidov Vladimir Vitalievich[3], Moussaoui Amir[4], Bulyga Dmitry Vladimirovich[5]
[1]Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
[2]The Bonch-Bruevich Saint Petersburg State University of Telecommunications,
[1,2,3]JSC “Research and Production Corporation S.I. Vavilova”, [4,5]ITMO University,
Saint Petersburg
[1]shurupoff.dm@yandex.ru, [2]beegrig@mail.ru, [3]demidov@goi.ru,
[4]am.moussaoui92@gmail.com, [5]dmbulyga@yandex.ru

Luminescent temperature sensors of a simple design based on YAG:R^{3+} (R = Dy, Yb, Ce) nanocrystals and multimode optical fibers have been developed and characterized. The functionality of this sensor is determined by the temperature-dependent change

in the luminescence intensity of dysprosium (Dy^{3+}), ytterbium (Yb^{3+}), and cerium (Ce^{3+}) ions introduced into the YAG matrix. The use of these additives also makes it possible to separate the luminescence spectrum from thermal radiation in order to avoid their overlap, which can lead to a deterioration in the quality of temperature measurements. The obtained materials showed a high sensitivity of the luminescence intensity to temperature changes at wavelengths of 400 and 480 nm (YAG:Dy^{3+}), 550 nm (YAG:Ce^{3+}) and 1030 nm (YAG:Yb^{3+}) in the temperature range of 20–500°C.°C.

Keywords: fiber optic sensor, temperature, capillary, multimode optical fiber, nanophosphor, yttrium aluminum garnet, cerium, ytterbium, dysprosium, photoluminescence, sensitivity.

Контроль температуры является ключевым процессом во многих современных технологических процессах, таких как спекание керамики, химические реакции и изготовление металлических сплавов [1]. Иногда измерение температуры необходимо проводить в экстремальных условиях: при высоком давлении, в сильном электромагнитном поле и т. д. Поэтому мониторинг температуры в режиме реального времени является сложной задачей, имеющей приложения во многих областях науки и промышленности [2, 3]. Одним из вариантов решения этих задач является использование люминесцентных датчиков температуры [4, 5].

На рис. 1 представлена общая схема люминесцентного датчика температуры.

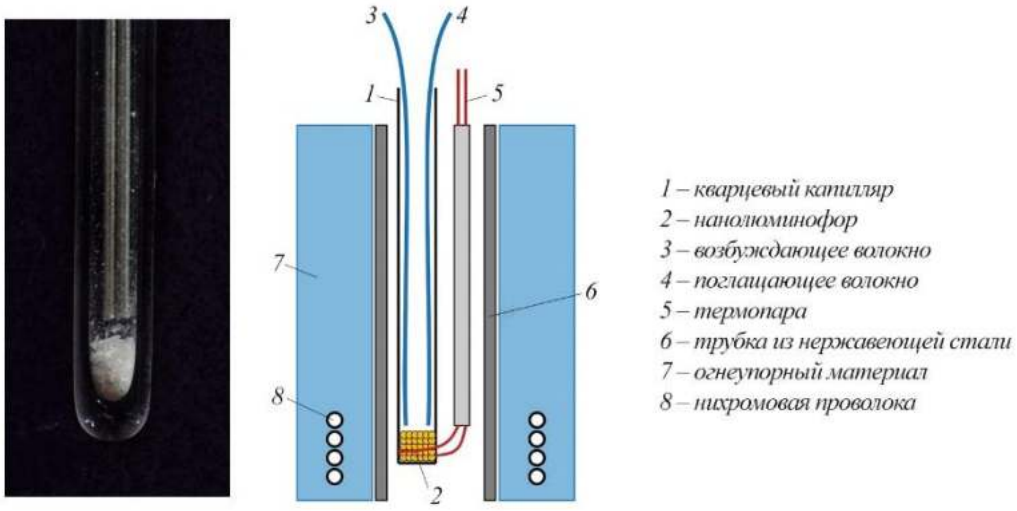


Рис. 1. Изображение капилляра, заполненного порошком и схематическое изображение конструкции люминесцентного ВОД температуры

Конструкция датчика реализована с использованием запаянного с одной стороны кварцевого капилляра с внутренним диаметром 1,5 мм, внешним диаметром 2,5 мм и длиной 45 мм. Капилляры брали из пробирки

из высокочистого кремнезема. Капилляры частично заполняли нанокристаллическим порошком YAG:R^{3+} одинакового объема для каждого активатора. Внутри кварцевых капилляров в непосредственной близости от поверхности порошка располагались два отрезка многомодовых световодов с высокой числовой апертурой и сердцевиной из чистого кварца диаметром 400 мкм для доставки излучения от источника возбуждения и излучения люминесценции. к детектору.

Для возбуждения фотолюминесценции в нанокристаллических порошках использовалась галогенная лампа 64623 HLX (OSRAM), излучающая непрерывный спектр в диапазоне длин волн 200-1000 нм. и охватывающий все длины волн возбуждения люминесценции нанокристаллов YAG:R^{3+}. После прохождения монохроматора МДР-23 (ЛОМО) и 50-Гц оптического прерывателя MC 2000 (Thorlabs) излучение выбранной длины волны фокусировалось оптическими линзами на наконечнике многомодового волокна, закрепленного в XYZ-позиционере (Thorlabs). Люминесцентное излучение порошков собиралось вторым отрезком многомодового оптического волокна и подавалось на германиевый фотоприемник ГА-1 (Оптитрон), работающий в спектральном диапазоне 400-1700 нм. Для регистрации интенсивности сигнала люминесценции использовали оптический усилитель eLockIn 204 (Anfatec Instruments) и цифровой осциллограф Tektronix 7854.

Температурная зависимость интенсивности люминесценции измерялась в диапазоне от 20 до 500 °C. На рис. 2 сопоставлены экспериментально полученные данные для всех нанокристаллических порошков YAG:R^{3+}.

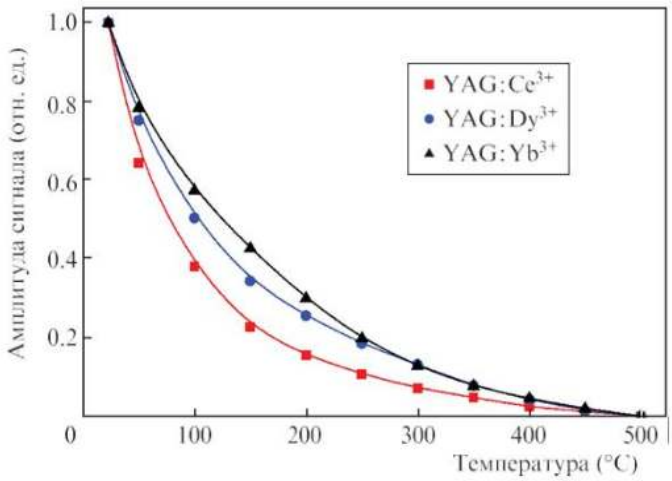


Рис. 2. Амплитуда сигнала люминесценции в зависимости от температуры для сенсоров на основе YAG:R^{3+} (R = Ce, Dy, Yb) нанокристаллы в интервале температур 20...500 °C

Разработаны и охарактеризованы люминесцентные датчики температуры простой конструкции на основе нанокристаллов YAG:R^{3+} (R = Dy, Yb, Ce) и многомодовых оптических волокон. Амплитуда оптического сигнала датчика имеет тенденцию к снижению с ростом температуры, что свидетельствует о характерном температурном гашении люминесценции и корректной работоспособности прибора вплоть до температур 500 °C.

Источники

1. Guo H., Baker A., Guo J., Randal C.A. Cold sintering process: a novel technique for low-temperature ceramic processing of ferroelectrics // Journal of American Ceramic Society. 2016. Vol. 99, Iss. 11. Pp. 3489–3507.

2. In Situ Local Temperature Mapping in Microscopy Nano-Reactors with Luminescence Thermometry / I.K. Ravenhorst [et al.] // ChemCatChem. 2019. Vol. 11. Pp. 5505−5512.

3. Киен Н.Т., Кашаев Р.С. Стенд ПМР-анализатора для измерения вязкости и состава многокомпонентных жидкостей методом ЯМР-релаксометрии // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22, № 2. С. 108–116.

4. Luminescence thermometry with transition metal ions [Электронный ресурс] / L. Marciniak [et al.] // Coordination Chemistry Reviews. 2022. Vol. 469. URL: https://www.sciencedirect.com/journal/coordination-chemistry-reviews/vol/469/suppl/C (дата обращения: 20.10.2022).

5. Luminescence thermometry with rare earth doped nanoparticles: Status and challenges / B. Zhang [et al.] // Journal of Luminescence. 2022. Vol. 250. URL: https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-luminescence/vol/250/suppl/C (дата обращения: 27.10.2022).

Направление 2. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД В ТЭК И ЖКХ

УДК 621.317.7

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ВНУТРИЗАВОДСКОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ПРЯДИЛЬНО-ТКАЦКОЙ ФАБРИКИ (г. ДАМАСК, Сирия)

Ахмад Альзаккар[1] , Грачева Елена Ивановна[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]Ahmadalzakkar86@gmail.com, [2]Grachieva.i@bk.ru

Как известно, параметры электрических сетей систем внутризаводского электроснабжения должны соответствовать нормируемым показателям международных стандартов на электрическую энергию. В работе представлены результаты экспериментальных исследований и моделирования параметров режимов системы внешнего электроснабжения прядильно-ткацкой фабрики (г.Дамаск, Сирия). Установлено, что результаты моделирования токов в фазах питающей сети и линейных напряжений имеют погрешность, не превышающую 4%. Поэтому полученные модели могут быть использованы для оценки параметров режимов систем внешнего электроснабжения объектов.

Ключевые слова: ток, напряжение, гармоники, электроэнергии, фильтр.

SIMULATION OF THE STRUCTURE OF THE IN-FACTORY ELECTRIC NETWORK OF A SPINNING AND WEAVING FACTORY (DAMASCUS, Syria)

Alzakkar Ahmad[1], Gracheva Elena Ivanovna[2]
Kazan state power engineering University, Kazan
[1]Ahmadalzakkar86@gmail.com, [2]Grachieva.i@bk.ru

As you know, the parameters of the electrical networks of the internal power supply systems must comply with the normalized indicators of international standards for electrical energy. The paper presents the results of experimental studies and modeling of the parameters of the regimes of the external power supply system of a spinning and weaving factory (Damascus, Syria). It has been established that the results of modeling currents in the phases of the supply network and linear voltages have an error not exceeding 4 %. Therefore, the obtained models can be used to evaluate the parameters of the regimes of the external power supply systems of objects.

Keywords: current, voltage, harmonics, electricity, filter.

На рис. 1 представлена общая структура электрической сети системы внутризаводского электроснабжения прядильно-ткацкой фабрики в Дамаске (Сирия), которая состоит из следующих элементов [1, 2]:

1. Трехфазная электрическая сеть (20 кВ), представленная электродвижущей силой (ЭДС) и активным и реактивным сопротивлениями *R*cc и *L*cc.

2. Трансформатор для понижения напряжения (/20/0,4 кВ), который имеет схему соединения обмоток D/Yн-11) мощностью 200 кВА.

3. Два трансформатора для понижения напряжения 20/0,4 кВ со схемой соединения D/Yн-1) мощностью 630 кВА.

4. Два трехфазных двухжильных кабеля (3× (500×2) кв. мм) с нулевым (1×(500) кв. мм) и длиной 15 м.

5. Нагрузки: (1; 2; 3).

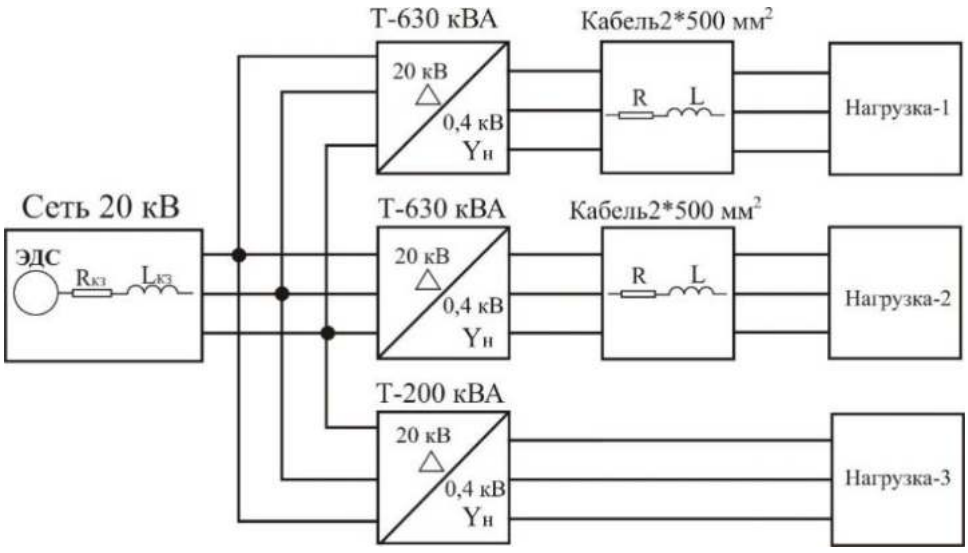


Рис. 1. Электрическая сеть прядильно-ткацкой фабрики в Дамаске (Сирия)

Таблица 1

Технические характеристики элементов в фабрике

Т-630 кВА (D/Yн-11)	Т-200 кВА (D/Yн-11)	Кабель	Сеть пинания
U = 20/0,4 кВ	U = 20/0,4 кВ	L = 15 м	E = 20 кВ
Sн = 630 кВА	Sн = 200 кВА	A = 4×(500×2) мм^2	Sкз = 500 мВА
ΔPcu = 6,9 кВт	ΔPcu = 2,3 кВт	R = 0,0495 Ом	Rкз = 0,253 Ом
ΔPo = 1,25 кВт	ΔPo = 0,75 кВт	XL = 0,016 Ом/км	Lкз = 0,002415 Гн
Uкз = 3,8 %	Uкз = 3,8 %		
Io = 1,6 %	Io = 1,6 %		

В соответствии с параметрами, приведенными в табл. 1, с помощью программы Matlab-Simulink смоделирована схема электрической сети системы электроснабжения (рис. 2) [3].

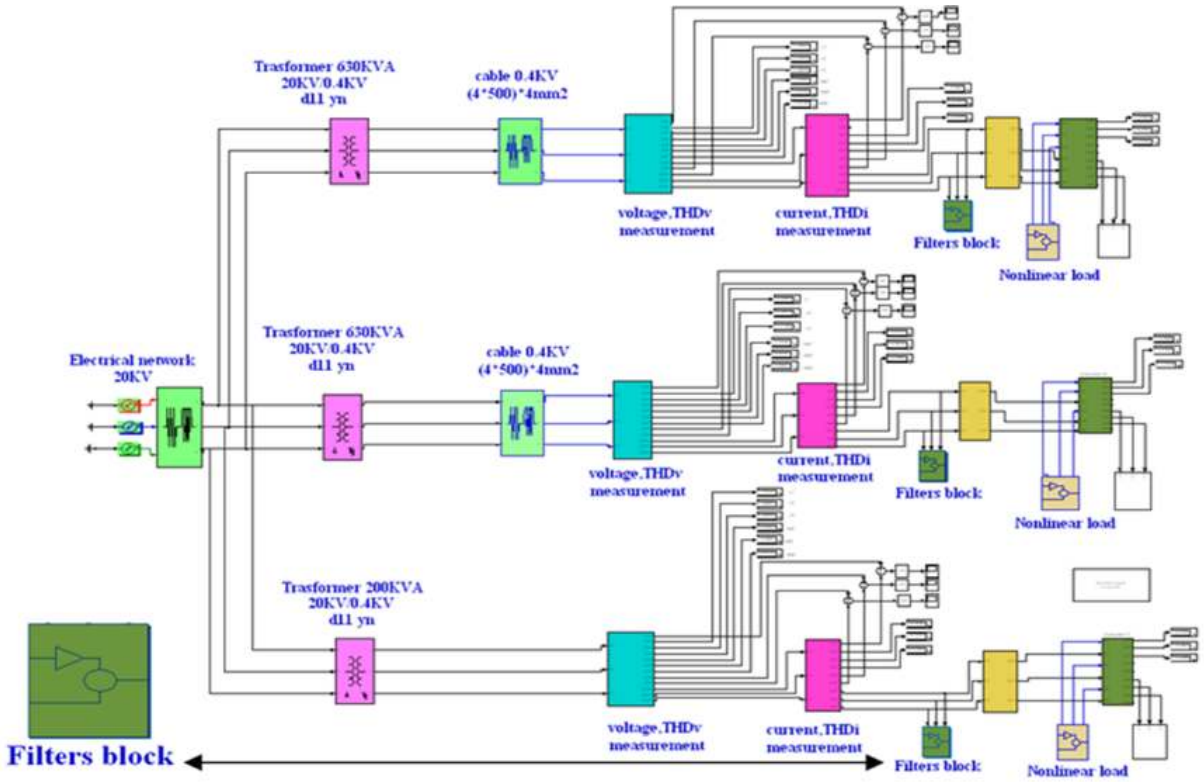


Рис.2. Общая структура исследуемой сети смоделирована в среде Matlab

Проведение замеров параметров электрической сети, питающей фабрику, выполнено с помощью энергоанализатора, замеры проводились 31 октября 2022 г. Измерения проводились для исследования токов и напряжений на вводе каждой линии, питающей первый трансформатор с (11:16) до (11:30). На рис. 3 представлены следующие результаты моделирования тока трех фаз: (Ia = 511 A; Ib = 481,4 A; Ic = 532,5 A) которые близки к измеренным значениям. На рис.4 представлены результаты моделиро-вания трех линейных напряжений: (V_{ab} = 409,98 B; V_{bc} = 406,8 B; V_{ca} = 407,4 B), которые близки к измеренным значениям. Результаты моделирования показывают (рис. 5) что коэффициенты гармонического искажения тока составляют: ($THDI_a$ = 25,97 %; $THDI_b$ = 25,97 %, $THDI_c$ = 23,52%) которые являются значениями, близкими к измеренным. Результаты моделирования показывают (рис. 6), что коэффициенты гармонического искажения напряжения составляют: ($THDV_{ab}$ = 5,97 %; $THDV_{bc}$ = 5,79 %; $THDV_{ca}$=5,75 %), которые являются значениями, близкими к измеренным (табл 2).

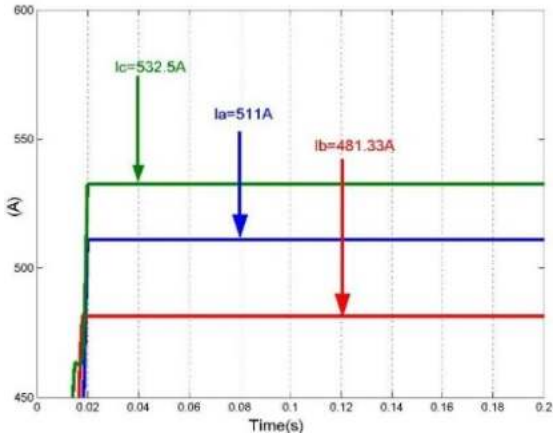


Рис. 3. Ток нагрузки на трех фазах

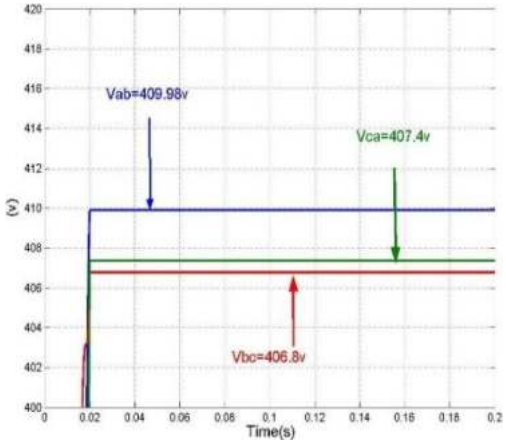


Рис. 4. Напряжение на трех фазах

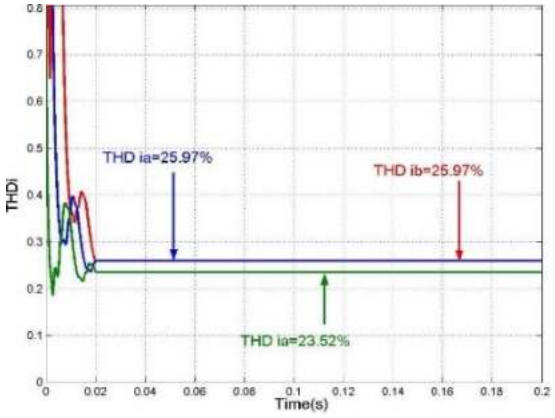


Рис. 5. Искажение гармонического тока

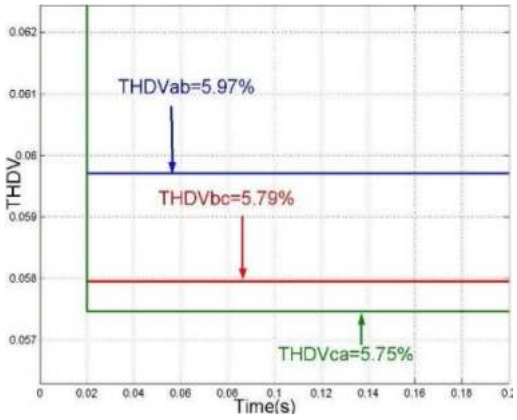


Рис. 6. Искажение гармонического напряжения

Таблица 2

Результаты реальных и смоделированных измерений

	Ток на трех фазах			Напряжение на трех фазах		
	Ia(A)	Ib(A)	Ic(A)	Vab(в)	Vbc(в)	Vca(в)
Реально	511,9	482,4	533,8	409,6	407	407,7
Смоделировано	511	481,33	532,5	409,98	406,8	407,4
	Искажение гармонического тока			Искажение гармонического напряжения		
	THD Ia	THD Ib	THD Ic	THD Vab	THD Vbc	THD Vca
Реально	26%	26,3%	23,5%	5,8%	6%	5,8%
Смоделировано	25,97	25,97	23,52	5,97	5,795	5,75

В результате проведенных экспериментальных исследований параметров системы внешнего электроснабжения и разработанных моделей с помощью программы Matlab Simulink установлено, что погрешность моделирования составляет 3,4 %, что позволяет использовать полученные данные для оценки характеристик электрических систем.

Источники

1. Alzakkar A., Mestnikov N., Valeev I. Harmonics and Their Impact in Determining the Method of Reactive Power Compensation in Electrical Grids [Электронный ресурс] // Proc. of the International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing. 2020. URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/9111955 (дата обращения: 24.10.2022).

2. The impact of electrical interconnection between countries on the stability of electrical power systems [Электронный ресурс] / A. Alzakkar [et al.]. // Proc. of the 4th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering. 2022. URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/9731442 (дата обращения: 24.10.2022).

3. Валеев И.М., Альзаккар А.М.Н. Гармоники и их влияние при определении метода компенсации реактивной мощности в электрических сетях // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2020. № 12. С. 24–39.

4. Степанов В.М., Михайлович Б.И. Влияние высших гармоник в системах электроснабжения предприятия на потери электрической энергии // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2013. № 12-2. С. 27–31.

5. Шклярский Я.Э., Скамьин А.Н. Способы уменьшения влияния высших гармоник на работу электрооборудования // Записки Горного института. 2011. Т. 189. С. 122–125.

УДК 621

РАЗРАБОТКА МНОГОЯЗЫЧНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ «ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ СЛОВАРЬ»

Аскеров Джавид Салимхан[1], Гамидов Мустафа Гамид[2],
Амирова Замира Джавид[3], Гаджибалаев Надир Мирзабала[4]
[1,2,3]Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности,
[4]Сумгаитский Государственный Университет,
Баку
[1]cavidmselimxan@mail.ru, [4]n.hacibalayev@mail.ru

В настоящее время в вузах и колледжах по специальности «Электроэнергетика», а также в системе «Азерэнержи», в научно-исследовательских, проектных институтах и т. п. учреждениях электротехнические термины исследуются, изучаются и применяются с использованием соответствующей доступной печатной литературы (книг). В связи с этим возникала необходимость в разработке более эффективной и компактной компьютерной программы для многоязычной электротехнической терминологии. Поэтому, на основе существующих электротехнических терминов из печатных изданий и Интернета, была собрана пятиязычная база данных электротехнических терминов. Эта база собиралась на пяти языках: азербайджанском, русском, английском, немецком, французском. Каждый термин, с определенным кодом программы “Elektrotexnikilüğət” был добавлен и запрограммирован на языке Visual Basic в общедоступной, офисной программе MS Excel, которая на сегодняшний день есть на каждом компьютере. Агентство интеллектуальной собственности Азербайджанской Республики зарегистрировало программу “Elektrotexnikilüğət” (01/C-12342-22) и выдало авторское свидетельство под №12804. 01.03.2022.

Ключевые слова: электроэнергетика, приложение MS Excell, современные электро-технические термины, терминологическая база, программа для ЭВМ.

DEVELOPMENT OF A MULTILINGUAL COMPUTER PROGRAM “ELECTRICAL TERMINOLOGICAL DICTIONARY”

Askerov Javid Salimkhan[1], Hamidov Mustafa Hamid[2],
Amirova Zamira Javid[3], Hajibalaev Nadir Mirzabala[4]
[1, 2,3]Azerbaijan State University of Oil and Industry,
[4]Sumgayit State University
Baku
[1]cavidmselimxan@mail.ru, [4]n.hacibalayev@mail.ru

Summary. Currently, in universities and colleges with a degree in Electric Power Engineering, as well as in the Azerenergy system, in research and design institutes, etc. institutions, electrical terms are researched, studied and applied using the appropriate available printed literature (books). In this regard, there was a need to develop a more

efficient and compact computer program for multilingual electrical terminology. Therefore, on the basis of existing electrical terms from print publications and the Internet, a five-language database of electrical terms was assembled. This database was collected in five languages - Azerbaijani, Russian, English, German, French. Each term, with a specific program code in “Elektrotexnikilüğət” was added and programmed in the Visual Basic language and the public in MS Excel, which have at the present on every computer today. The Intellectual Property Agency of the Republic of Azerbaijan has registered the program “Elektrotexnikilüğət” (01/C-12342-22) and issued a cop.

Keywords: power industry. MS Excell application, modern electro-technical terms, terminological base, computer program.

В вузах, колледжах, при подготовке кадров по специальности «Электроэнергетика», в системе «Азерэнержи», Научно-исследовательских и проектных институтах и т. д. широко используемые электротехнические термины изучаются и применяются с использованием соответствующей доступной печатной литературы (книг). В связи с этим возникает необходимость в разработке более эффективной и компактной компьютерной программы для многоязычной электротехнической терминологии.

Поэтому на основе существующих электротехнических терминов [4–11] напечатанный с заключением терминологической комиссии и информации о них в Интернете, была подготовлена специальная электронная база, в которойсобранны термины на пяти языках: азербайджанском, русском, английском, немецком и фран-цузском. Каждый термин, с при помощи офиссной программы MS Excel, был закоди-рован в Visual Basic [1]. Эта программа проста в использовании и занимает мало места на жестком диске компьютера. Программа «Электротехнический словарь» была зарегистрирована со стороны Агентства Интеллектуальной Собственности Азербайджанской Республики под номером 01/C-12342-22, с авторским свидетельством № 12804.01.03.2022 [4].

При открытии компьютерной программы «Электротехнический словарь» открывается окно, изображенное на рис. 1.

Рис. 1. Окно «Программа», появляющееся при открытии программы «Электрический словарь»

В этом окне, как указано на рисунке, имеется три важных области:

1. Эта область отвечает за выбор языка интерфейса окна «Электротехнический словарь».

2. Нажав на эту кнопку, отмеченную, как область *2*, с надписью «EXCEL» откроется программа MS EXCEL, состоящая из двух листов Excel. Подробная информация об этом приведена ниже.

3. Из этой части мы нажав на иконку «?», мы можем обратиться в раздел «справка» и получить инструкцию по использованию программы на 5 языках. Следует отметить, что раздел «справка» доступна всегда при работе с программой, также дляполучения ответов на дополнительные вопросы можно связаться на прямую с авторами программы.

После выбора языка, на котором должен открываться интерфейс окна «Электротехнический словарь», как было указано выше (область *1* на рис. 1), откроется окно (рис. 2).

Рис. 2. Графический интерфейс программы «Электрический словарь» и ее частей

Для примера мы выбрали азербайджанский язык. Рассмотрим области отмеченные на рисунках:

1. «Выбор языка» – мы выбираем язык, с которого мы хотим перевести на другие 4 языка.

2. «Выберите букву» – выбраем букву, на которую начинается термин.

3. «Выберите слово» – в этом разделе содержатся термины, начинающиеся с выбранной буквы, на выбранном языке. Выбрав термин, перевод которого мы ищем, в полях ниже видим соответствующий перевод на четырех языках.

4. В этой части будет показан код термина. Переводы, также можно осуществлять зная код термина, этот код мы можем узать из листа «Terminlerbazasi» в MS EXCEL, нажав на кнопку «EXCEL» в главном окне программы.

5. В этой части окна, в разделе «Выбранный язык», будет показан выбраный язык в пункте 1.

6. В этой части отображаются остальные четыре соответствующие языка.

7. Из этой области можно уменьшить или увеличить масштаб открытого окна.

8. Из этой части можно вызвать окно справки, также это можно сделать из 3-го пункта окна «Программы».

9. Нажав на эту кнопку, мы можем вернуться в окно «Программа» и изменить язык интерфейса окна словаря или переключиться на лист Excel.

Рис. 3. Программа «Электрический словарь», лист программы и его части

Функции частей, отмеченных на этом листе, объясняются в следующих двух абзацах:

1. Нажав на кнопку «Программа», происходит переход к открывшемуся вначале окну «Программа», это окно показано на рис. 1 и поясняется в пунктах.

2. Из этой части можно открыть окно справки. Хотя окно справки открывается из трех разных мест, это одно и то же окно (рис. 4).

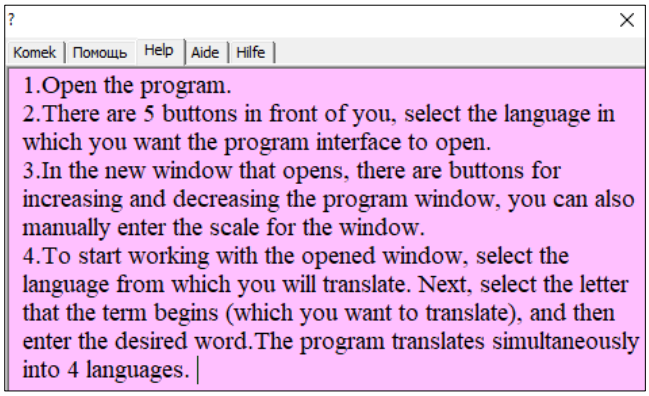
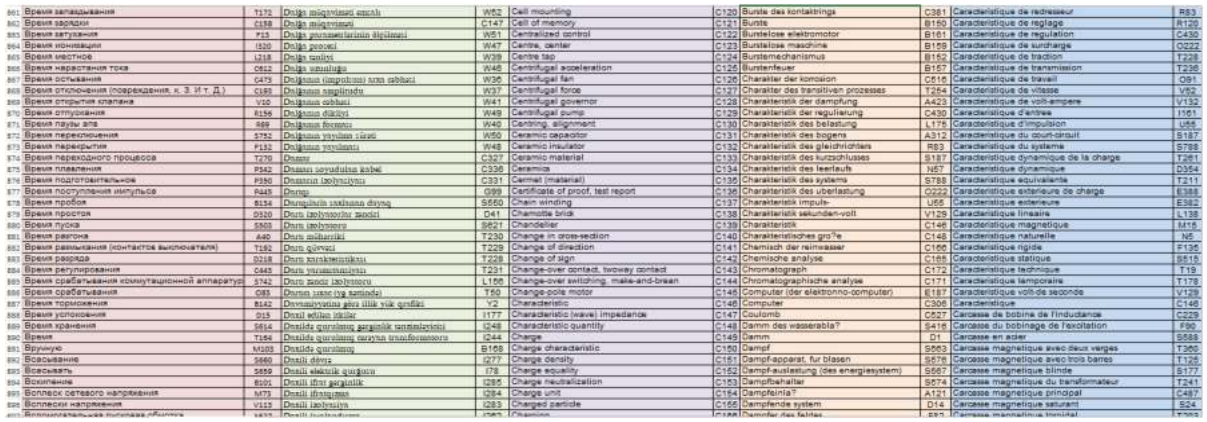


Рис. 4. Окно справки программы «Электрический словарь»

Терминологическая база компьютерной программы «Электротехнический словарь» составлена в листе «Terminlerbazasi» файла MS Excel ELEKTROTECHNİKİLÜĘAT.xlsm, где имеется 6358 терминов, переведенных на пять языков. Перед каждым термином на этом листе написан код, соответствующий этому термину. Эти коды состоят из 1 заглавной буквы и примыкающей к ней цифры. Буква в коде дается по английской букве соответствующего термина, а номер, стоящий рядом с этой буквой, дается по ее порядку в терминологической базе. Например, код термина «Генератор переменного тока» – «A186» или код термина «Диапазон частот» – «F207». Здесь A означает, что соответствующий термин начинается с буквы A в английском языке, а число 186 указывает на его порядок в терминологической базе. Этот код остается постоянным при переводе соответствующего термина на другие четыре языка. Для примера посмотрим на переводы и код термина «Цепь высокого напряжения»:

Рис. 5. Описание синхронных переводов и код термина «Высоковольтная цепь»

«Электротехнический словарь», где собрана база терминов прог-раммы. Несколько примеров терминов, перечисленных на листе «Terminlerbazai», показаны на следующих иллюстрациях:



Для внесения нового термина в терминологическую базу программы необходимо открыть файл MS Excel elektrotechnikiluğat.xlsm и перейти на лист «Терминальная база». Рассмотрим процесс ввода нового термина. Допустим, мы хотим добавить в словарь термин «требуемое напряжение». Сначала ищется перевод этого термина на четырех других языках, а затем просматривается его перевод на английский язык, чтобы присвоить термину код, причем из таблицы известно, что код будет начинаться с буквы U. Чтобы найти порядковый номер, нужно посмотреть последовательность последней буквы U термина в колонке с английскими терминами из терминологической базы. Поскольку последний код, начинающийся с U, — «U88», код только что добавленного термина будет «U89».

Чтобы ввести новый термин, выберите ячейки, отмеченные зеленой рамкой выше, и нажмите клавиши **Ctrl + Shift + =** на клавиатуре. В этом случае между кодами U88 и V1 и терминами, соответствующими этим кодам, будут добавлены новые ячейки. В эту ячейку нам нужно ввести новый термин и соответствующий ему код. Вам нужно следовать тому же процессу для других языков, сохраняя при этом постоянный код. Это показано на следующих рис. 6 и 7.

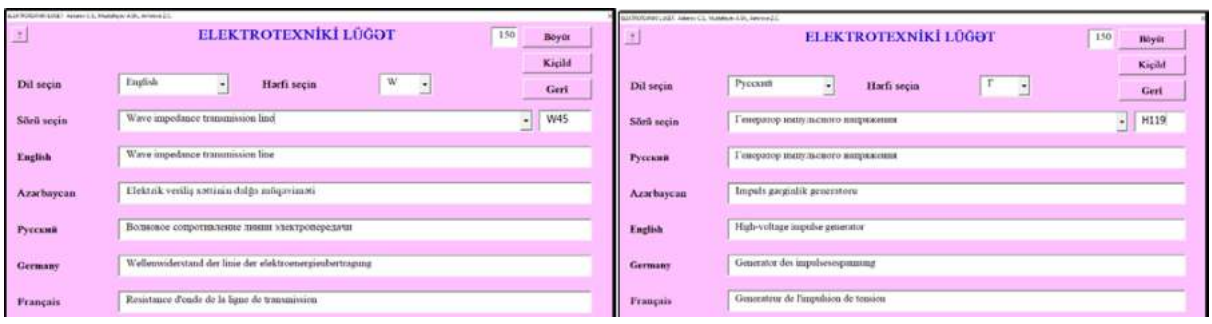


Рис. 6

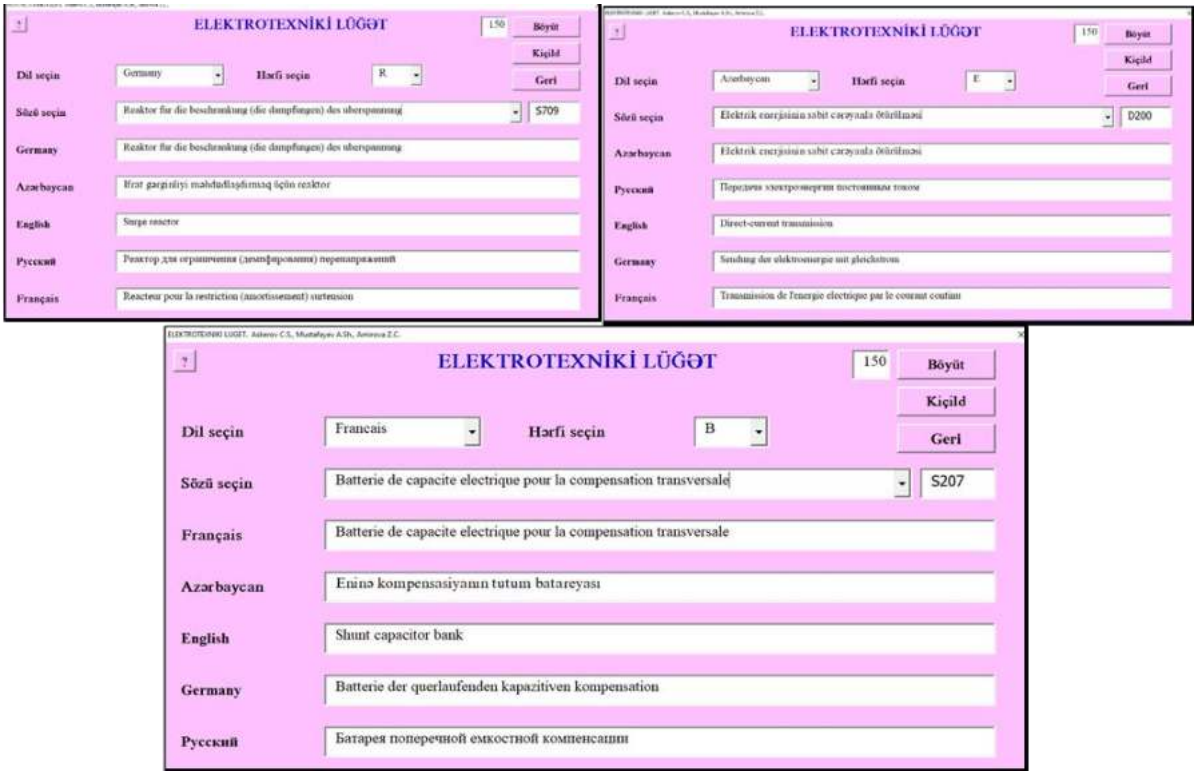


Рис. 7

Источники

1. Kazımzadə R.Z., Ağaməmmədov R.Z., Əsgərov C.S. Visual Basic və MS Exsel-dən kurs layihəsi və buraxılış işlərinin icrası üçün istifadə edilməsi. Dərs vəsaiti, Bakı, 2006. 325 s.

2. Əsgərov C.S., Əmirovaa Z.C., Mustafayev Ə.Ş. Elektrotexniki lüğət. Kompüter proqramı // ARƏMA-də qeydiyatdan keşmiş və müəlliflik hüququ şəhadətnamə. 2022. № 12804.

3. Elektrotexniki lüğət [Mətn]: ingilis-rus-alman-fransız-Azərbaycan / R. Kazımzadə, C. Ağamalıyev, M. Ağaməmmədov, V. Əsgərov; elmi red. C. Əsgərov. Bakı: Hərbi nəşriyat, 2010. 539 səh.

4. Azərbaycanca, rusca, ingiliscə terminlər lüğəti. Elektrik intiqalı və sənaye qurğularının avtomatlaşdırılması lüğəti. Bakı: Azadə Əfəndizadə,1966, 154 səh.

5. Kazımzadə Z.İ., Kazımzadə R.Z. Rusca-azərbaycanca elektrotexnika terminləri lüğəti [Mətn] / red. A.Ə. Əfəndizadə. Bakı, 1966.

6. Rusca-Azərbaycanca texniki terminlərin izahlı lüğəti. Bakı: Gülbəniz Qocayeva, 2004. 776 səh.

7. Ramazanov K.N., Yusifbəyli N.A., Xıdırov F.L. Rusca-azərbaycanca-ingiliscə elektroenergetika termenləri lüğəti. Bakı, 2005. 528 səh.

8. IT-термины [Электронный ресурс]. URL: http://www.mashuk.ru/shkolniku/81-it-terminy (дата обращения: 27.10.2022).

9. Словари английских терминов для электромехаников [Электронный ресурс]. URL: https://mga-nvr.ru/moryakam/angliiskii-dlya-moryakov/576-slovari-angliyskih-terminov-dlya-elektromehanika.html (дата обращения: 27.10.2022).

10. Англо-русский словарь терминов по электронике [Электронный ресурс]. URL: http://nauchebe.net/2011/10/anglo-russkij-slovar-terminov-po-elektronike (дата обращения: 27.10.2022).

11. ГОСТ Р 52002-2003. Электротехника. Термины и определения основных понятий. М.: Стандартинформ, 2020. 31 с.

УДК 004.942, 621.314.1

ЭЛЕКТРОПРИВОД С МИКРОДВИГАТЕЛЕМ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Аюпов Наиль Ильдусович[1], Макаров Валерий Геннадьевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань
[1]nailayupov2@gmail.com, [2]electroprivod@list.ru

Рассматривается электропривод с микродвигателем постоянного тока. Показаны области применения таких электроприводов и необходимость их исследования и компьютерного моделирования. Приведена виртуальная модель электропривода с микродвигателем постоянного тока и аналоговой системой управления, разработанная в программном пакете MatLab/Simulink.

Ключевые слова: электропривод постоянного тока, микродвигатель постоянного тока, магнитоэлектрическое возбуждение, широтно-импульсный преобразователь, компьютерное моделирование.

ELECTRIC DRIVE WITH A DIRECT CURRENT MICROMOTOR

Ayupov Nail Ildusovich[1], Makarov Valery Gennadyevich[2]
[1,2]KNRTU, Kazan
[1]nailayupov2@gmail.com, [2]electroprivod@list.ru

Electric drive with DC micromotor is considered. Fields of application of such electric drives and the necessity of their research and computer modeling are shown. The virtual model of electric drive with DC micromotor and analog control system developed in MatLab/Simulink software package is given.

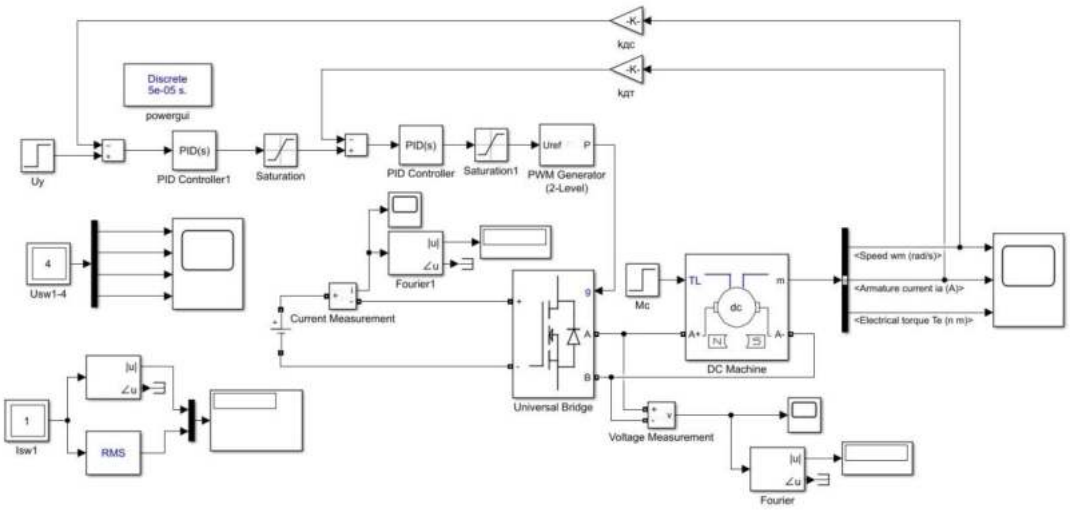
Keywords: DC electric drive, DC micromotor, magneto-electric excitation, pulse-width converter, computer simulation.

Электроприводы с микродвигателями широко применяются во многих отраслях народного хозяйства, а именно: в устройствах автоматики, робототехнике, автомобилестроении, бытовой и специальной технике. Применение микродвигателей постоянного тока с магнитоэлектрическим возбуждением (от постоянных магнитов) является актуальным с учетом их технических характеристик и массогабаритных показателей. Для управления микродвигателями постоянного тока с возбуждением от постоянных магнитов (МДПТ с ПМ) наиболее целесообразно использовать широтно-импульсные преобразователи (ШИП). Они обладают сравнительно лучшими показателями быстродействия и динамики, малыми массой

и габаритами [1]. В связи с развитием микропроцессорной техники появляется больше возможностей в использовании цифровых систем: реализация сложных законов управления, простота перестройки алгоритма управления, повышение надежности системы.

Вопросы проектирования, синтеза и компьютерного моделирования электроприводов постоянного тока рассматривались во многих источниках, например в [1–7]. В этих работах при синтезе и компьютерном моделировании, в основном, используются структурные модели двигателей постоянного тока с электромагнитным возбуждением. При этом очень немного публикаций, где рассматривались бы особенности моделирования МДПТ с ПМ и синтеза систем управления электроприводов на их основе. Восполнить этот недостаток планируется в последующих работах, где будут решены следующие задачи: проектирование и выбор элементов силовой части электропривода с МДПТ с ПМ и ШИП; синтез аналоговой системы управления электропривода; моделирование электропривода с МДПТ с ПМ, ШИП и аналоговой системой управления; синтез дискретной системы управления электропривода; моделирование электропривода с МДПТ с ПМ, ШИП и дискретной системой управления; анализ результатов проектирования, синтез и компьютерного моделирования.

Одним из самых перспективных прикладных пакетов для решения задач компьютерного моделирования и исследования является среда MatLab/Simulink. На начальном этапе исследования разработана модель электропривода с микродвигателем постоянного тока *R*380-2580, широтно-импульсным преобразователем на *MOSFET*-транзисторах и аналоговой системой управления. Схема модели приведена на рисунке.



Модель электропривода с микродвигателем постоянного тока и аналоговой системой управления в программном пакете MatLab

Расчет и выбор элементов силовой части электропривода проведен по методике, приведенной в [2]. Синтез аналоговой системы управления электропривода проводился по методике, предложенной в [8].

Рассмотрим основные блоки модели:

– двигатель постоянного тока с постоянными магнитами, который представлен виртуальным блоком *DC Machine* (в версии программного пакета *MatLab2019a*, в котором построена модель, в настройках можно изменить тип возбуждения (*Field type*) на возбуждение от постоянных магнитов (*Permanent magnet*));

– мостовой широтно-импульсный преобразователь на *MOSFET*-транзисторах (*Universal Bridge*);

– блок управления мостовым транзисторным широтно-импульсным преобразователем (*PWM Generator 2-Level)*;

– регулятор тока якоря (*PID Controller*);

– регулятор скорости (*PID Controller1*);

– сатураторы (*Saturation, Saturation1*) для ограничения выходного напряжения регуляторов.

С помощью компьютерного моделирования установлена работоспособность модели и ее адекватность. Полученные с ее помощью результаты не противоречат положениям теории электрических машин, силовой электроники и теории электропривода. Проведено сравнение результатов, полученных с помощью данной модели, и результатов, полученных с помощью структурной модели. Следует отметить, что модель, построенная с использованием виртуальных блоков предоставляет исследователю более широкие возможности для исследования переходных и установившихся электромагнитных и электромеханических переходных процессов.

На следующих этапах исследования планируется осуществить синтез дискретной системы управления, провести компьютерное моделирование и исследование электропривода с дискретной системой управления, а также провести сравнительный анализ показателей качества переходных процессов и точности электропривода с аналоговой и дискретной системами управления.

Источники

1. Герман-Галкин С.Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. СПб.: Издательство «Корона.Век», 2020. С. 246–282.

2. Симаков Г.М., Панкрац Ю.В., Котин Д.А. Системы расчета автоматизированного электропривода: учеб. пособие. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2019. С. 26–68.

3. Анучин А.С. Системы управления электроприводов: учеб. для вузов. М.: Издательский дом МЭИ, 2015. С. 247–297.

4. Фурсов В.Б. Моделирование электропривода: учеб. пособие. 2-е изд., испр. и доп. СПб.: Лань, 2022. С. 142–144.

5. Расчет и моделирование электроприводов с регуляторами различной конфигурации: лабораторный практикум / О.В. Погодицкий [и др.]. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2015. С. 52–76.

6. Симаков Г.М., Филюшов Ю.П. Специальные разделы теории электропривода: учеб. пособие. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2020. С. 45–76.

7. Герман-Галкин С.Г. Виртуальные лаборатории полупроводниковых систем в среде Matlab-Simulink: учеб. СПб.: Издательство «Лань», 2022. С. 140–221.

8. Фролов Ю.М. Электрический привод. Курсовое проектирование: учеб. пособие для вузов. СПб.: Лань, 2022. С. 27–43.

УДК 621.313.3

МОНИТОРИНГ ИНДЕКСА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА АО «ТАТЭНЕРГО»

Будникова Иветта Константиновна[1], Котков Михаил Александрович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2]ikbudnikova@yandex.ru

В статье рассматривается проблема развития электрической отрасли в Республике Татарстан, в частности АО «Татэнерго». Проведен сравнительный анализ динамики индекса промышленного производства (ИПП) по АО «Татэнерго» в сравнении с ИПП по Республике Татарстан. Ведутся работы по испытанию модели нейросетевого моделирования и прогнозирования по стратегически важным параметрам.

Ключевые слова: энергетика, индекс промышленного производства, энергетическая компания, нейросети, моделирование, прогнозирование.

MONITORING OF THE INDUSTRIAL PRODUCTION INDEX OF JSC “TATENERGO”

Budnikova Ivetta Konstantinovna[1], Kotkov Mikahail Alexandrovich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1,2]ikbudnikova@yandex.ru

The article deals with the problem of providing electric energy in the Republic of Tatarstan, in particular JSC “Tatenergo”. A comparative analysis of the dynamics of the industrial production index (IPI) for JSC “Tatenergo” was carried out in comparison with the IPI for the Republic of Tatarstan. Work is underway to test the model of neural network modeling and forecasting.

Keywords: energy, industrial production index, energy company, neural network modeling, forecasting.

Энергетическая стратегия Российской Федерации до 2035 года – основной документ стратегического планирования в сфере энергетики, определяющий направления и приоритеты государственной энергетической политики, цели, задачи, ключевые меры и показатели развития энергетики на долгосрочный период [1]. Сегодня российская энергетика – это одна из базовых отраслей, обеспечивающая страну энергетическими ресурсами.

АО «Татэнерго» входит в энергосистему Республики Татарстан, находится в операционной зоне Филиала АО «СО ЕЭС».

Среди генерирующих компаний Республики Татарстан АО «Татэнерго» является лидером по объему выработки электрической энергии. В настоящее время в состав АО «Татэнерго» входят 5 электростанций, в том числе 3 ТЭЦ, 1 ГРЭС, 1 ГЭС, а также 3 предприятия тепловых сетей [2].

В работе проведен сравнительный анализ объемов производства электрической и тепловой энергии АО «Татэнерго» за период 2007–2021 гг. (рис. 1), который показывает, что динамика процесса формируется за счет роста иди снижения объемов выработки электрической и тепловой энергии в отдельных филиалах организации в разное время по разным причинам [2–5].

Рис. 1. Динамика объемов производства электрической (млрд кВтч) и тепловой энергии (млн Гкал) АО «Татэнерго»

Так например, рост выработки электроэнергии в 2018 г. идет за счет ввода ПГУ на Казанской ТЭЦ-1, а также за счет роста объема выработки на Заинской ГРЭС. Снижение выработки электроэнергии в 2020 г. происходит за счет уменьшения выработки электроэнергии на Нижнекамской ГЭС [5].

Индекс промышленного производства (ИПП) – показатель, который характеризует изменение производственного процесса при совокупности услуг и товаров, сгруппированных по следующим видам общероссийского классификатора видов экономической деятельности: «Производство и распределение электроэнергии, газа и воды».

Индекс промышленного производства рассчитывается ежемесячно и учитывает изменение физических объемов произведенной продукции, потребленную энергию. ИПП представляет собой относительный показатель, характеризующий изменение масштабов производства в сравниваемых периодах.

ИПП по АО «Татэнерго» в 2019 г. составил 103,7 %, что связано с ростом по сравнению с 2018 г. объёма выработки электроэнергии в натуральном выражении [2]. Однако в 2020 г. объем выработки электроэнергии в натуральном выражении снижен по сравнению с 2019 г. на 26 % и ИПП по АО «Татэнерго» достиг уровня 85,5 %.

При росте объема выработки электроэнергии в натуральном выражении на 15 % в 2021 г. по сравнению с 2020 г. индекс промышленного производства АО «Татэнерго» сложился на уровне 109,4 %.

Проведенный мониторинг выше указанных показателей позволяет оценить динамику их изменения во взаимосвязи (рис. 2).

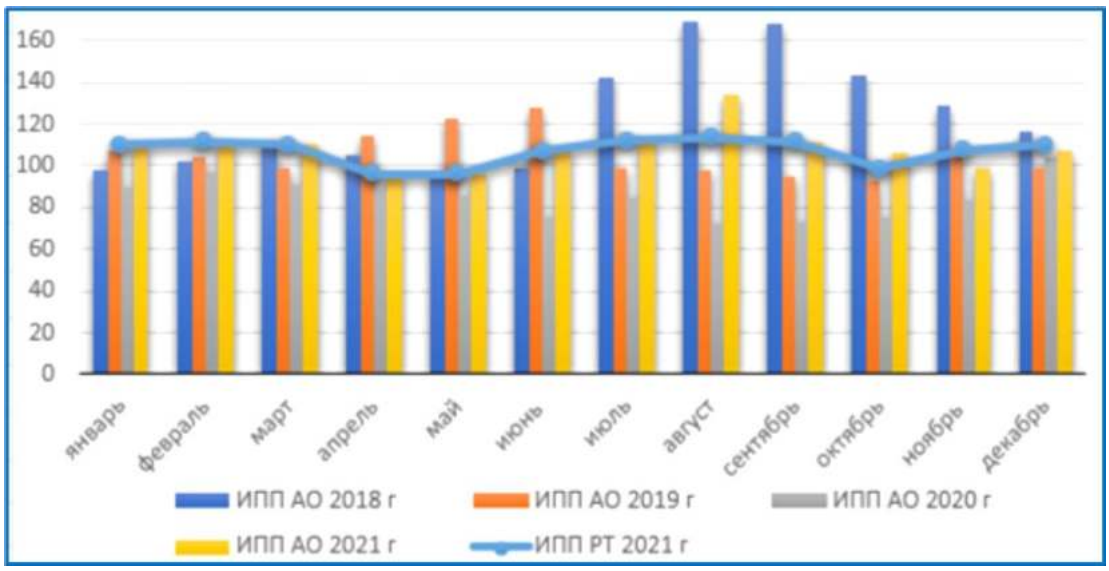


Рис. 2. Динамика ИПП по АО «Татэнерго» за 2020 и 2021 гг., по РТ за 2021

Динамика индекса промышленного производства по виду «Обеспечение электрической энергией, газом и паром» по Республике Татарстан в сравнении с ИПП по АО «Татэнерго» в 2021 г. (рис. 2) показывает, что при росте объема выработки электроэнергии в натуральном выражении на 15 % в 2021 г. по сравнению с 2020 г. ИПП АО «Татэнерго» установилось на уровне 109,4 %. Индекс промышленного производства по виду «Обеспечение электрической энергией, газом и паром» по Республике Татарстан в 2021 г. показал 109,9 % [5].

Результаты проведеного мониторинга статистических данных, являются базой для разработки модели нейросетевого прогнозирования [6, 7] стратегически важных показателей стабильности энергоресурсов.

Источники

1. Энергетическая стратегия Российской Федерации до 2035 года. [Электронный ресурс]. URL: http://static.government.ru/media/files/w4sigFOiDjGVDYT4IgsApssm6mZRb7wx.pdf (дата обращения: 15.10.2022).

2. Годовой отчёт АО «Татэнерго» за 2018 г. [Электронный ресурс]. URL: http://www.tatenergo.ru/upload/iblock/afb/godovoy-otchet-za-2018-_publikatsiya_.pdf (дата обращения: 15.10.2022).

3. Годовой отчёт АО «Татэнерго» за 2019 г. [Электронный ресурс]. URL: http://www.tatenergo.ru/upload/iblock/2e7/godovoy-otchet2019_red1_spechatyu1.pdf (дата обращения: 15.10.2022).

4. Годовой отчёт АО «Татэнерго» за 2020 г. [Электронный ресурс]. URL: http://www.tatenergo.ru/upload/iblock/a1d/godovoy-otchet2020.pdf (дата обращения: 15.10.2022).

5. Годовой отчёт АО «Татэнерго» за 2021 г. [Электронный ресурс]. URL: http://www.tatenergo.ru/upload/iblock/4e2/1eh2n02zkxifsgr1kk9z4hbezp75zs0b/godovoy-otchet-za-2021-god.pdf (дата обращения: 15.10.2022).

6. Сергеев А.П., Тарасов Д.А. Введение в нейросетевое моделирование: учеб. пособие / под общ. ред. А.П. Сергеева. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. 128 с

7. Прогнозирование суточного графика электропотребления рабочих дней с учетом метеофакторов для центральной энергосистемы Монголии / А.Г. Русина [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 2. С. 98–107.

УДК 62-523.3

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ

Васильев Игорь Александрович
ФГБОУ ВО «УлГТУ», г. Ульяновск
boatswain303@yandex.ru

В статье предложена разработанная докладчиком программа для микроконтроллера, которая управляет гидроцилиндрами. Данная прог-рамма позволяет снизить пульсации на низких скоростях и уменьшить гистерезис в характеристике гидропривода.

Ключевые слова: ШИМ-сигналы, электрогидравлический привод, микроконтроллер, гидроцилиндр, программа.

ELECTROHYDRAULIC ACTUATOR CONTROL SYSTEM

Vasiliev Igor Alexandrovich
Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk
boatswain303@yandex.ru

The article proposes a program developed by the speaker for a microcontroller that controls hydraulic cylinders. This program allows you to reduce pulsations at low speeds and reduce the hysteresis in the characteristic of the hydraulic drive.

Key words: PWM signals, electrohydraulic drive, microcontroller, hydraulic cylinder, program.

Для управления электрогидравлическими приводами в наши дни применяют разнообразные системы управления, выпущенные как в России, так и за рубежом. Самой распространенной для пропорциональных электрогидравлических приводов является схемотехническая реализация на базе широтно-импульсного модулятора. Он в ответ на поступление сигналов управления генерирует ШИМ-сигналы, которые непосредственно управляют электрогидравлическим приводом [6].

Разработка новых алгоритмов, формирующих управляющие сигналы, и обновление существующих схемотехнических решений, позволяющих повысить динамические характеристики привода, стали сутью современных исследований систем управления в области электрогидравлических приводов [4].

Разработка новых алгоритмов и схем работы электрогидравлических приводов с целями снижения неравномерности их движения и расширения диапазона регулирования являются самыми перспективными.

Работающие сейчас электрогидравлические приводные устройства отечественного производства применяют алгоритмы, устаревшие сейчас, так же уже устарела их элементная база. Поэтому данные устройства не могут в полной мере соответствовать тем требованиям, которые предъявляются к приводам в наши дни.

Высокая стоимость современных электрогидравлических приводов импортного производства актуализирует необходимость разработки отечественных схемотехнических решений, технико-экономические параметры которых будут превосходить аналогичные параметры существующих зарубежных электрогидравлических приводных устройств. Данные разработки требуют создания новых алгоритмов систем управления [3].

Проводя исследования в данном направлении, докладчик разработал программу для микроконтроллера, которая управляет гидроцилиндрами. Она предназначена для пропорциональных гидроприводов. В состав программы входит несколько модулей. Рассмотрим их.

1. Модуль установки начального смещения двух ШИМ-сигналов, как следует из названия, отвечает за обеспечение начального смещения вышеуказанных сигналов. Смещение двух ШИМ- сигналов необходимо для того, чтобы компенсировать имеющиеся в характеристике управления гидроцилиндром зоны нечувствительности. Так называемая «зона нечувствительности» есть в любых гидравлических узлах подобного назначения, однако её величина непосредственно зависит от существующих условий работы и применяемых механизмов.

Вышесказанное обуславливает необходимость использования подстройки смещения при помощи описываемого модуля во время осуществления настройки под определенный объект управления.

2. Во время первоначального включения микроконтроллера в систему управления требуется корректировка начальных установок программы. Одним из инструментов этого является модуль управляемого смещения двух ШИМ-сигналов. Он позволяет так настраивать систему управления, чтобы в характеристике управления гидроцилиндрами зона нечувствительности была бы скомпенсирована [5].

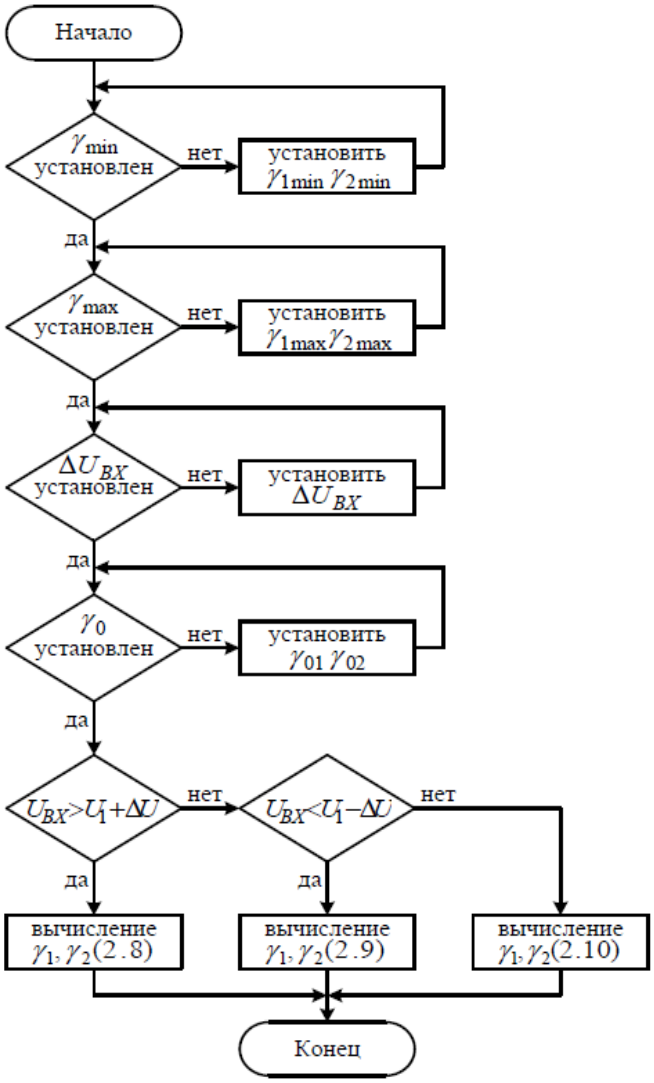
3. Модуль согласованного управления двух ШИМ, как следует из названия, обеспечивает согласованное управление парой гидроцилиндров, обеспечивающих противоположные движения.

Когда аналоговый управляющий сигнал поступает на вход АЦП микроконтроллера, появляется пара ШИМ-сигналов. При этом входной управляющий сигнал на них воздействует противофазно, иначе говоря, приращение коэффициента заполнения ШИМ-сигнала на одном канале происходит синхронно с уменьшением коэффициента заполнения ШИМ-сигнала на другом [5].

Благодаря этому управление гидроцилиндром становится согласованным. Оно осуществляет синхронное перемещение по одной из осей.

3. Модуль, обеспечивающий нормализациию сигналов управления, формирует согласование величины скважности выходных ШИМ-сигналов и уровней входных аналоговых управляющих сигналов. Благодаря этому работа микроконтроллера согласуется с входными узлами управления.

Алгоритм разработанной программы представлен на рисунке 1.



Алгоритм разработанной программы

Источники

1. Электрообородувание и автоматика: справочник / А.П. Альтгаузен [и др.]. М.: Энергия, 1978. 304 с.

2. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. М.: Наука, 1966. 768 с.

3. Доманов В.И., Доманов А.В., Карпухин К.Е. Выбор элементов и анализ АСУ дуговой плавильной установки // Промышленные АСУ и контроллеры. 2011. № 5. С. 37–42.

4. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления. М.: Лаборатория базовых знаний, 2002. 832 с.

5. Мортон Д. Микроконтроллеры AVR. Вводный курс. М.: ДМК, 2015. 272 с.

6. Новиков В.А. Электропривод в современных технологиях. М.: Academia, 2014. 43 с.

УДК 622.233.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ В ПРИЛОЖЕНИЯХ SIMULINK И SIMSCAPE СРЕДЫ MATLAB

Васильев Александр Дмитриевич[1], Малёв Николай Анатольевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2]maleeev@mail.ru

Работа посвящена имитационному моделированию общепромышленного асинхронного двигателя в программной среде MatLab. Математические модели машины формируются двумя способами: на основе дифференциальных уравнений в приложении Simulink; с применением блока Asynchronous Machine приложения Simscape. Проводится сравнительный анализ результатов моделирования.

Ключевые слова: математическая модель, асинхронный двигатель, моделирование, анализ.

SIMULATION OF ASYNCHRONOUS MOTOR IN SIMULINK AND SIMSCAPE MATLAB ENVIRONMENTS

Vasiliev Alexander Dmitrievich[1], Malev Nikolay Anatolievich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1,2]maleeev@mail.ru

The work is devoted to simulation modeling of a general industrial asynchronous motor in the MatLab software environment. Mathematical models of the machine are formed in two ways: based on differential equations in the Simulink application; using the Simscape Asynchronous Machine block. A comparative analysis of the simulation results is carried out.

Keywords: mathematical model, asynchronous motor, modeling, analysis.

В качестве объекта исследования рассматривается общепромышленный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором серии АИР, технические данные которого сведены в табл. 1.

Моделирование машины осуществляется путем решения дифференциальных уравнений электромеханического преобразования, а также с применением специализированного блока из библиотеки Electrical Machines приложения Simscape.

Технические данные асинхронного двигателя

Тип двигателя	Мощность на валу $P_{ном}$, кВт	Скольжение $s_{ном}$, %	КПД η, %	Синхронная частота вращения n_0, об/мин
АИР 160S8	7,5	3,0	87	750

Тип двигателя	Момент инерции $J_{дв}$, кг·м^2	Кратность максимального момента λ	Коэффициент мощности cosφ$_н$	Кратность пускового	
				тока K_i	момента K_M
АИР 160S8	0,12	2,4	0,75	5,5	1,6

Система уравнений асинхронного двигателя в координатных осях x, y, вращающихся с синхронной скоростью, получена относительно проекций потокосцеплений статора и ротора [1, 2]:

$$\left.\begin{aligned}
\frac{d\Psi_{1x}}{dt} &= u_{1x} - \frac{R_1 L_2}{L_1 L_2 - L_{12}^2}\Psi_{1x} + \frac{R_1 L_{12}}{L_1 L_2 - L_{12}^2}\Psi_{2x} + \omega_1 \Psi_{1y};\\
\frac{d\Psi_{1y}}{dt} &= u_{1y} - \frac{R_1 L_2}{L_1 L_2 - L_{12}^2}\Psi_{1y} + \frac{R_1 L_{12}}{L_1 L_2 - L_{12}^2}\Psi_{2y} - \omega_1 \Psi_{1x};\\
\frac{d\Psi_{2x}}{dt} &= -\frac{R_2' L_1}{L_1 L_2 - L_{12}^2}\Psi_{2x} + \frac{R_2' L_{12}}{L_1 L_2 - L_{12}^2}\Psi_{1x} + (\omega_1 - \omega_2)\Psi_{2y};\\
\frac{d\Psi_{2y}}{dt} &= -\frac{R_2' L_1}{L_1 L_2 - L_{12}^2}\Psi_{2y} + \frac{R_2' L_{12}}{L_1 L_2 - L_{12}^2}\Psi_{1y} - (\omega_1 - \omega_2)\Psi_{2x};\\
M &= \frac{p L_{12}}{L_1 L_2 - L_{12}^2}(\Psi_{1y}\Psi_{2x} - \Psi_{1x}\Psi_{2y}).
\end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

Коэффициенты системы (1) определяются на основе паспортных данных в соответствии с методикой, изложенной в [3, 4] и в виде приведенного ниже скрипта вводятся в командное окно MatLab: $R_1 = 0{,}553$; $R_2 = 0{,}4858$; $L_{12} = 0{,}1256$; $L_1 = 0{,}1298$; $L_2 = 0{,}1313$; $J = 0{,}12$; $p = 2$.

Полученные параметры вместе с техническими данными из табл. 1 вводятся также в окно Block Parameters блока Asynchronous Machine, расположенного во вкладке Specialized Power Systems → Electrical Machines приложения Simscape. Соответствующая схема представлена на рис. 1.

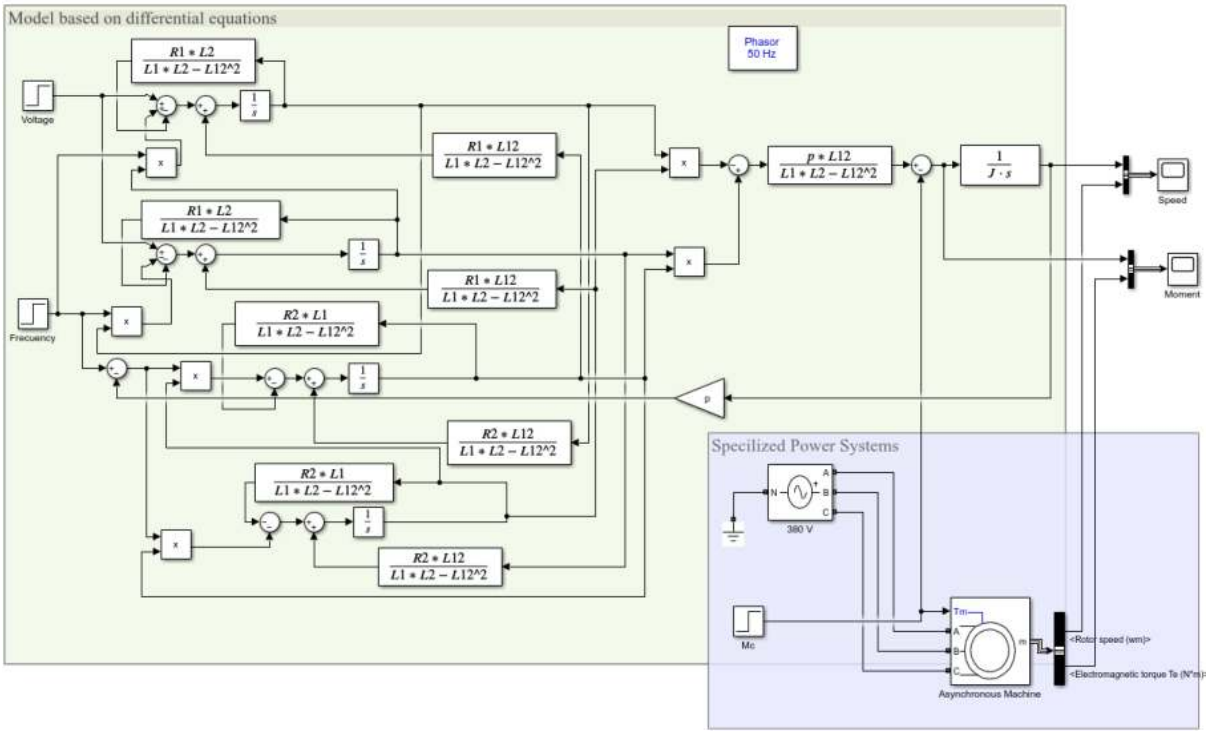


Рис. 1. Математические модели асинхронного двигателя в среде Matlab

На рис. 1 в прямоугольнике «Model based on differential equations» представлена модель асинхронного двигателя, полученная по уравнениям (1) (далее модель *1*), а в прямоугольнике «Specilized Power Systems» – модель из библиотеки Simscape (далее модель *2*). Результаты моделирования показаны на рис. 2 и 3.

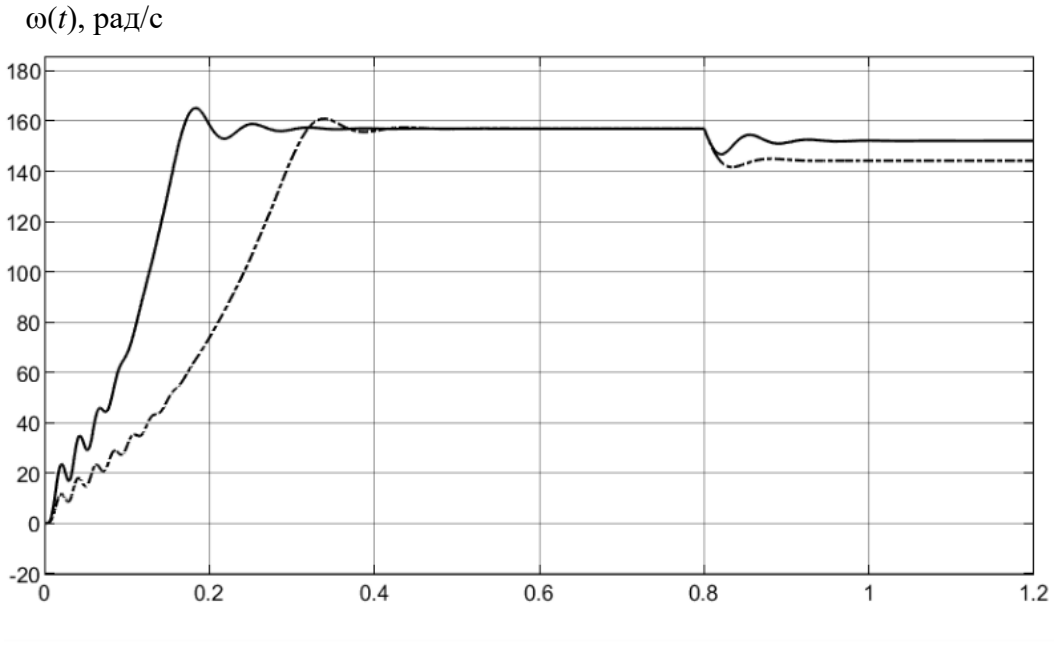


Рис. 2. Зависимости скорости вращения от времени: сплошная линия – модель *1*, штрихпунктирная линия – модель *2*

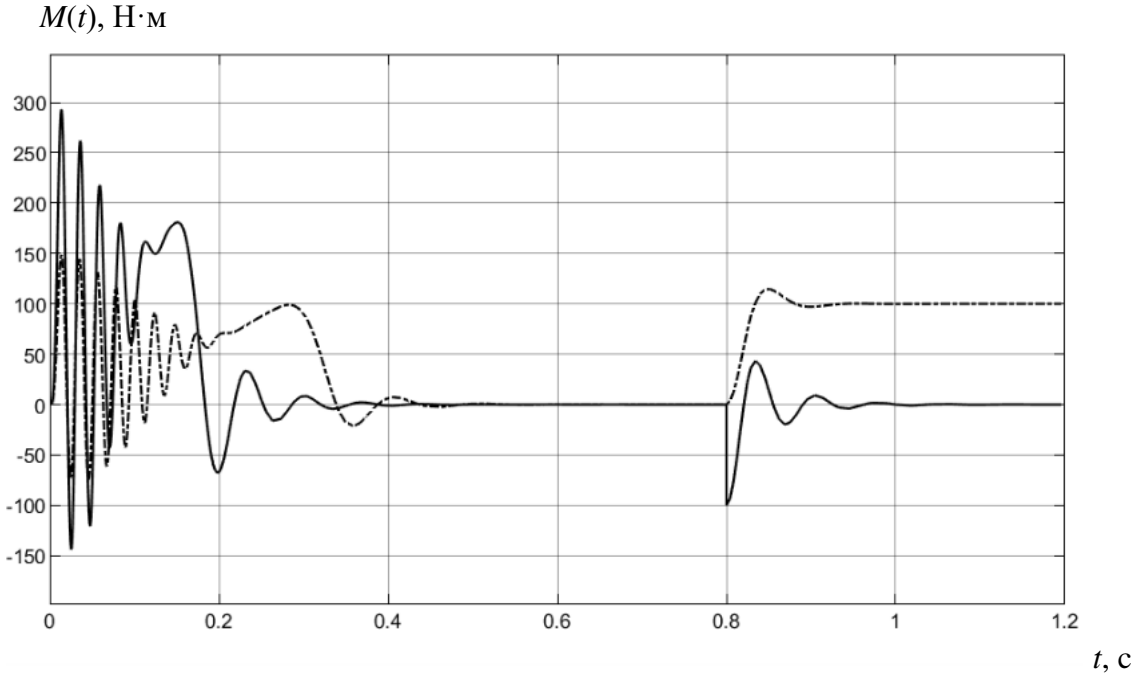


Рис. 3. Зависимости момента от времени: сплошная линия – модель *1*, штрихпунктирная линия – модель *2*

Анализ полученных графиков позволяет сделать вывод о несовпадении переходных процессов: модели *1* соответствует большее быстродействие, перерегулирование и меньшая статическая ошибка (см. рис. 2). На рис. 3 пусковой момент модели *1* в два раза превышает соответствующее значение модели *2* и, кроме того, при набросе момента нагрузки M_c = 100 Н·м через 0,8 с после пуска машины установившееся значение момента $M(t)$ стремится к нулю, что противоречит принципу действия двигателя. В целях установления адекватности математических моделей асинхронного двигателя представляет интерес сравнение результатов компьютерного моделирования с экспериментальными данными.

Источники

1. Ключев В.И. Теория электропривода: учеб. 3-е изд. М.: Энергоатомиздат, 2001. 704 с.

2. Малёв Н.А., Погодицкий О.В. Статистический анализ динамических характеристик асинхронного электромеханического преобразователя с изменяющимися параметрами // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2019. № 21 (1-20). – С. 120–130.

3. Алексеев В.В., Козярук А.Е., Загривный Э.А. Электрические машины. Моделирование электрических машин приводов горного оборудования: учеб. пособие. СПб., 2006. 58 с.

4. Рудаков В.В., Столяров И.М., Дартау В.А. Асинхронные приводы с векторным управлением. Л.: Энергоатомиздат, 1987. 136 с.

УДК 621.3

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ВНУТРЕННЕГО КОНТУРА КОТЕЛЬНОЙ

Васильевых Сергей Леонидович [1], Греков Эдуард Леонидович [2],
Шелихов Евгений Сергеевич [3]
[1]ФГБОУ ВО «ВятГУ», г. Киров
[2,3]ФГБОУ ВО «ОГУ», г. Оренбург
[1]sergei.vasiljevyh@yandex.ru, [2]aeptpm@mail.ru, [2]shelevgen@mail.ru

В статье представлена имитационная модель системы устройство плавного пуска – асинхронный двигатель – насос, разработанная в среде Matlab/Simulink для проекта реконструкции котельной. Результаты моделирования представлены в виде следующих зависимостей: напор, расход, мощность двигателя и скорость на валу двигателя от времени.

Ключевые слова: модель, асинхронный двигатель, напор, расход, насос.

SIMULATION MODELING OF THE ELECTRIC DRIVE OF THE INTERNAL LOOP OF THE BOILER ROOM

Vasil'evyh Sergey Leonidovich[1], Grekov Eduard Leonidovich[2],
Shelikhov Evgeniy Sergeevich[3]
[1]FGBOU VO “Vyatka State University”
[2,3]FGBOU VO “OSU”, Orenburg
[1]sergei.vasiljevyh@yandex.ru, [2]aeptpm@mail.ru, [2]shelevgen@mail.ru

The article presents a simulation model of the system soft starter – asynchronous motor – pump, developed in the Matlab/Simulink environment for the boiler room reconstruction project. The simulation results are presented in the form of the following dependences: head, flow, motor power and speed on the motor shaft versus time.

Keywords: model, asynchronous motor, head, flow rate, pump.

На сегодняшний день актуальны проекты перевода заводских котельных, используемых для отопления жилых помещений, выведенных из структуры предприятия и переведённых на общегородское обеспечение. Чаще всего такие объекты жилищно-коммунального хозяйства модернизируют и переводят на централизованное теплоснабжение.

Целью данной публикации является представление разработанной имитационной модели системы «устройство плавного пуска – асинхронный двигатель – насос» с параллельной работой двух насосов. Она реализована в рамках проекта модернизации и реконструкции котельной.

В основе модели лежит гидравлический расчёт внутреннего контура трубопроводов на восьми участках системы согласно полученной проектной схеме. Имитационная модель гидравлической системы и электропривода представлена на рис. 1 и разработана в среде Matlab/ Simulink с использованием библиотек SimPowerSystems и Simscape [1].

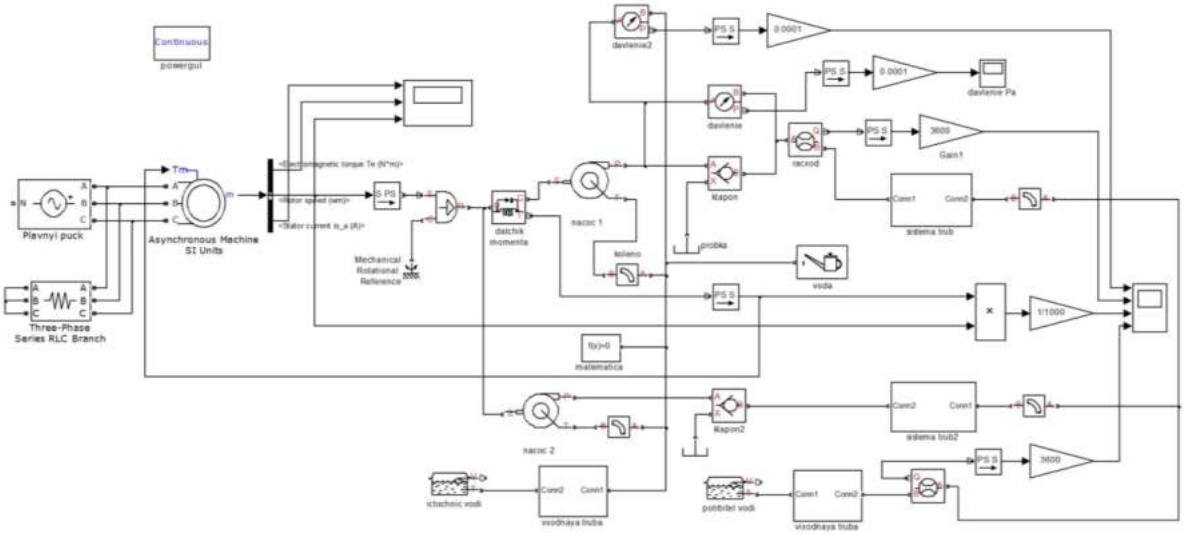


Рис. 1. Имитационная модель гидравлической системы и электропривода

Характеристики элементов модели соответствуют параметрам насоса Wilo-NL 150/400-45-4-12-50Hz, работающим на базе асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором (45 кВт, 1500 об/мин) и устройства плавного пуска Sirius Soft Starter 3RW40. Пуск осуществляется плавным изменением амплитуды источника напряжения 50 Гц в течение 1 секунды. Двигатель нагружается моментом от одного насоса. Параллельный насос для упрощения модели вращается с аналогичной первому скоростью.

Гидравлическая схема представлена источником воды на всасе, емкостью для слива, моделями изгибов и линейных участков трубопроводов (общая длина 10 м), обратных клапанов. Для съема сигналов применяются датчики подачи и давления. Графики изменения напора, подачи и полезной мощности одного насоса приведены на рис. 2.

Вопросам моделирования работы насосных установок в среде Matlab/Simulink посвящено множество научных публикаций, целью которых является прогнозирование и анализ их функционирования в различных режимах и условиях [2–5].

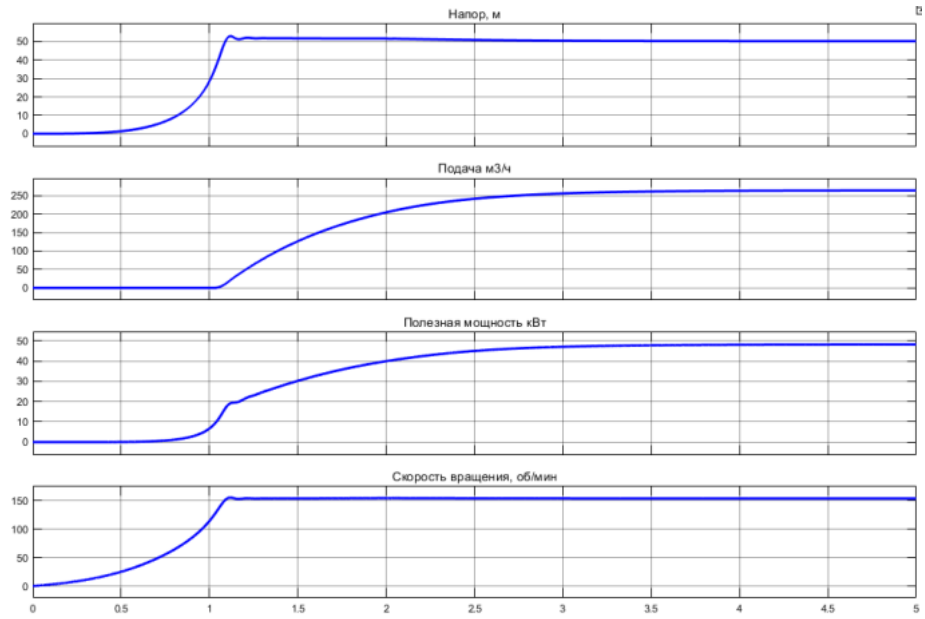


Рис. 2. Графики зависимости напора, расхода и мощности от времени

Полученная имитационная модель применяется в реальном техническом проекте для учёта и оценки переходных и статических режимов работы выбранного оборудования. Также модель позволяет изменять параметры гидравлической схемы для оптимизации режимов и моделирования различных конфигураций.

Источники

1. Терёхин В.Б. Моделирование систем электропривода в Simulink (Matlab 7.0.1): учеб. пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. 320 с.

2. Шандарова Е.Б., Букреев В.Г., Быстров Е.А. Имитационное моделирование асинхронного электропривода насоса погружного технологического оборудования // Электротехнические системы и комплексы. 2021. № 4 (53). С. 13–18.

3. Абсалык, Г.О., Кочкин А.М. Имитационное моделирование насосной установки в режиме остановки насоса // Молодой ученый. 2021. № 21 (363). С. 12–16.

4. Рушкин Е.И., Семёнов А.С. Анализ энергоэффективности системы электропривода центробежного насоса при помощи моделирования в программе Matlab // Современные наукоемкие технологии. 2013. № 8-2. С. 341–342.

5. Лысенко О.А., Охотников А.А. Моделирование насосной установки с асинхронным электроприводом // Динамика систем, механизмов и машин. 2014. № 1. С. 304–307.

УДК 621.31

РЕЖИМ УПРАВЛЕНИЯ НАСОСНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ ПО ПАРАМЕТРУ МЕХАНИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ

Вырыханов Денис Александрович[1], Камендровский Илья Алексеевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «СГТУ имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов
[1,2]differentr@mail.ru

В статье предложен алгоритм управления электроприводом насосного оборудования по развиваемому моменту, с возможностью регулирования скорости нарастания давления в целях исключения гидравлических ударов. Предложенный метод управления, основанный на оценке мощностных параметров работы электропривода, не требует использования теории ПИД регулирования. Метод апробирован результатами математического моделирования.

Ключевые слова: электропривод, управление, силовой момент, переходной процесс, насосное оборудование, гидравлический удар.

CONTROL MODE OF PUMPING EQUIPMENT ACCORDING TO THE PARAMETER OF MECHANICAL POWER

Vyrykhanov Denis Alexandrovich[1], Kamendrovsky Ilya Alekseevich[2]
[1,2]FGBOU VO “Gagarin Yu.A. SSTU”, Saratov
[1,2]differentr@mail.ru

The article proposes a algorithm the control mode of the electric drive of pumping equipment according to the developed moment, with the possibility of regulating the rate of pressure build-up in order to exclude hydraulic shocks. The proposed control method, based on the evaluation of the power parameters of the electric drive, does not require the use of the theory of PID regulation. The method is tested by the results of mathematical modeling.

Keywords: electric drive, control, torque, transient, pumping equipment, hydraulic shock.

Важной задачей управления электроприводом насосного оборудования является предотвращение гидравлических ударов в гидравлической системе, питаемой насосом [1, 2]. При этом вследствие относительно сложного характера нагрузки гидросистемы, обусловленной нелинейными параметрами процессов движения жидкости, использование классической схемы ПИД регулирования работы насоса, либо затрудняется на этапе определения коэффициентов ПИД-регулятора, либо не обеспечивает требуемых параметров качества регулирования. Поэтому разработка алгоритмов управления насосным оборудованием в настоящее время остается актуальной задачей.

Предлагается построить алгоритм управления электроприводом [3], учитывающий параметры, характеризующие механическую мощность воздействия насоса на поток жидкости, то есть: скорость движения крыльчатки насоса и момент развиваемый электродвигателем насоса. В качестве критерия качества регулирования будем считать расхождение между заданной и фактически наблюдаемой пространственной координатой (в рассматриваемом случае – угловой координатой крыльчатки насоса). Алгоритм управления должен реализовывать управление по моменту, развиваемому электродвигателем в соответствии со следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} M_{з\Sigma} = M_{\Sigma\max} & \text{при} \quad \Delta\alpha_{t_2} - V_{з(t_2)}\Delta t\dfrac{1-e^{-w\Delta t}}{w} > \Delta\alpha_{доп}; \\ M_{з\Sigma} = \dfrac{Jw_{\max}\Delta v}{V_{з(t_2)}\dfrac{1-e^{-w_{\max}\Delta t}}{w_{\max}} \pm \dfrac{\Delta\alpha_{доп}}{\Delta t}} & \text{при} \quad \Delta\alpha_{t_2} - V_{з(t_2)}\Delta t\dfrac{1-e^{-w\Delta t}}{w} \le \Delta\alpha_{доп}, \end{cases} \quad (1)$$

где $M_{з\Sigma}$ – суммарный момент, который необходимо сформировать на крыльчатке насоса; $M_{\Sigma\max}$ – максимальная величина силового момента, который может развить насос; $\Delta\alpha_{t_2}$ – разность между заданным и фактическим значением пространственной координаты в момент времени t_2 в которое происходит расчет изменения напряжения питания электродвигателя; $V_{з(t_2)}$ – заданная скорость вращения крыльчатки насоса; Δt – период цикла расчета математической модели (1); $w_{\max} = M_{\Sigma\max}/J$ – максимально возможное ускорение движения подвижного элемента привода, определяемое из отношения максимального суммарного момента $M_{\Sigma\max}$ к моменту инерции J; w – фактически наблюдаемое ускорение крыльчатки насоса.

После расчета требуемого значения момента $M_{з\Sigma}$ его фактическое значение требуется сформировать с помощью управления интенсивностью токов потребляемых электродвигателем, на основании выражения [4, 5]:

$$M_{\Sigma} = \frac{1}{4\pi w}\sum_{j=1}^{N} i_j L_j \left(\frac{u_j - i_j R_j}{L_j} - \frac{\Delta i_j}{\Delta t} \right), \quad (2)$$

где N – количество обмоток электродвигателя; i_j – ток в рассматриваемой j-ой обмотке электродвигателя; u_j – мгновенное значение напряжения питания, поданного на j-ю обмотку электродвигателя; R_j – активное сопротивление j-й обмотки электродвигателя, включая питающие провода; L_j – собственная мгновенная индуктивность j-й обмотки электродвигателя; Δi_j – приращение тока в j-й обмотке, соответствующее периоду времени Δt.

Вывод: предложен алгоритм управления электроприводным насосным оборудованием, обеспечивающий управление по величине механической мощности воздействия на поток жидкости без использования теории ПИД-регулирования.

Источники

1. Палкин Г.А., Гайсин А.Ф. Исследование оптимального метода управления электроприводами насосов первого подъема, эксплуатируемых в условиях отрицательных температур // Известия высших учебных заведения. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 3. С. 194–208.

2. Гумерова Р.Х., Черняховский В.А. Моделирование потребления электроэнергии приводами насосов при дроссельном и частотном регулировании производительности // Известия высших учебных заведения. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19, № 3-4. С. 96–106.

3. Вырыханов Д.А., Коробейников И.С. К вопросу построения оптимальных алгоритмов управления электроприводами на основании цифровых двойников // Математические методы в технологиях и технике. 2022. № 5. С. 113–116.

4. Способ управления электродвигателем переменного тока: пат. 2775819 Рос. Федерация № 2021120550; завл. 13.07.2021; опубл. 11.07.2022, Бюл. № 20. 3 с.

5. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины: в 2 т. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МЭИ, 2005. Т. 2. 528 с.

УДК 621.31

РАЗРАБОТКА АНАЛИЗАТОРА КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Габдрахманов Фаиль Фанилевич[1], Мухаметгалеев Танир Хамитевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]trustfoogle@gmail.com, [2]banzay-13-13@yandex.ru

В этой статье описываются проблемы качества электроэнергии, анализаторы качества электроэнергии как мера по контролю этих проблем и разработка доступного электро-анализатора для нужд рядовых потребителей.

Ключевые слова: качество электроэнергии, анализаторы качества электро-энергии, электропотребители.

DEVELOPMENT OF POWER QUALITY ANALYZER

Gabdrakhmanov Fail Fanilevich[1], Mukhametgaleev Tanir Khamitevich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]trustfoogle@gmail.com, [2]banzay-13-13@yandex.ru

This article describes power quality problems, power quality analyzers as a measure to control these problems and the development of an affordable power analyzer for the needs of ordinary consumers.

Key words: power quality, power quality analyzers, power consumers.

Многие электрические устройства предназначены для работы при определенных параметрах электрической сети, поэтому для оптимальной режимов их работы должно быть обеспечено требуемое качество электрической энергии. Таким образом, чтобы контролировать совокупность характеристик электрической сети разрабаты-ваются анализаторы качества электроэнергии [1, с. 212].

Анализаторы качества электроэнергии – приборы для обработки результатов измерений различных значений электрической сети с целью качественного и количественного анализа их на соответствие действующим стандартам и требованиям. Часто снабжаются устройством или интерфейсом связи для фиксирования и запоминания событий нарушения нормативных требований. Используются в случае разовых инспекционных проверок, при непрерывном мониторинге и для поиска и предотвращения возможных неисправностей в сетях электроэнергии.

Электро-анализаторы используются для контроля поставщиков на предмет качества поставляемой ими электроэнергии, а также потребителей с целью проверки качества электроэнергии и определения различного рода отклонений и помех, вносимых в питающую сеть при работе их оборудования. На данный момент большинство анализаторов качества электроэнергии на рынке, позволяющих проводить качественные, многопрофильные, долгие и удобные проверки, имеют довольны высокие цены для рядовых потребителей. Поэтому к разработке предлагается анализатор качества электроэнергии по доступной цене и максимально возможным функционалом, как аналог приборов, производителей, преобладающих на рынке в последние годы. Предполагается что прибор найдет использование потребителями, чье потребление электроэнергии находится или же недалеко превышает рамки жизнеобеспечения, и малыми предприятиями и бизнесами.

Основным требованием к разрабатываемому прибору будут регистрация показателей качества электроэнергии, нормируемыми действующим стандартом ГОСТ 32144-2013. Список показателей и основные требования как средствам измерения описаны в [2, с. 2]

Типовой набор параметров, измеряемых разрабатываемым анализатором, будет включать:

– значение фазных и линейных напряжений;

– величина фазных токов и тока в нейтрали;

– величина мощности в нагрузке;

– значение потребленной или отпущенной электроэнергии;

– рабочая частота переменного тока;

– гармонические составляющие переменного тока и напряжения (как спектральный состав сигнала, так и суммарный коэффициент гармоник) [5];

– значение коэффициента фликера [4], характеризующего негармонические искажения питающего напряжения и другие.

Конструктивно данный анализатор качества электроэнергии будет представлен в виде переносного устройства, и будет решать стандартный для этого типа исполнения набор задач [2, с. 5].

Так же прибор как СИ показателей качества электроэнергии (описаны подробно в [3, с. 415]) должен соответст-вовать общим требованиям по:

– конструктивному исполнению;

– климатическим воздействиям;

– электропитанию;
– входным каналам;
– принципу действия;
– хранению результатов измерения;
– отображению результатов измерений.

Источники

1. Проблемы качества электроэнергии в системах электроснабжения [Электронный ресурс] / Хацевский К.В. [и др.] // Омский научный вестник. 2012. № 2 (110). С. 212–214. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-kachestva-elektroenergii-v-sistemah-elektrosnabzheniya (дата обращения: 09.11.2022).

2. Кобина А.А. Анализатор качества электроэнергии и анализ факторов влияющих на качество электроэнергии [Электронный ресурс] // Международный студенческий научный вестник. 2018. № 6. URL: https://eduherald.ru/ru/article/view?id=19370 (дата обращения: 09.11.2022).

3. Семёнов А.С., Бондарев В.А. Выбор контрольно-измерительной техники для регистрации показателей качества электроэнергии [Электронный ресурс] // Международный студенческий научный вестник. 2015. № 3-4. URL: https://eduherald.ru/ru/article/view?id=14098 (дата обращения: 09.11.2022).

4. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Ларин О.М. Выявление источника фликера в системах электроснабжения // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 5. С. 3–12.

5. Муссонов Г.П., Селезнев А.С., Федчишин В.В. Повышение точности определения значений гармонических составляющих в электрических сигналах // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19, № 11-12. С. 73–87.

УДК 621.311.42

СИСТЕМА ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СИЛОВЫХ МАСЛОНАПОЛНЕННЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Галяутдинова Алсу Ренатовна[1], Ившин Игорь Владимирович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]Alsu296@ya.ru, [2]ivshini@mail.ru

В статье описывается важность разработки системы оценки технического состояния силовых маслонаполненных трансформаторов распределительных сетей, как основного элемента электроэнергетической системы. Реализация данной системы позволит более эффективно эксплуатировать энергетическое оборудование при минимальных эксплуатационных затратах.

Ключевые слова: техническое состояние, силовые маслонаполненные трансформаторы, распределительные сети, надежность, цифровизация, высокая степень износа оборудования, контроль.

SYSTEM FOR ASSESSING THE TECHNICAL CONDITION OF POWER OIL FILLED TRANSFORMERS OF DISTRIBUTION NETWORKS

Galyautdinova Alsu Renatovna[1], Ivshin Igor Vladimirovich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]Alsu296@ya.ru, [2]ivshini@mail.ru

The article describes the importance of developing a system for assessing the technical condition of power oil-filled transformers of distribution networks, as the main element of the electric power system. The implementation of this system will allow more efficient operation of power equipment at minimal operating costs.

Key words: technical condition, power oil-filled transformers, distribution networks, reliability, digitalization, high wear and tear of equipment, control.

В настоящее время разработка системы оценки технического состояния силовых маслонаполненных трансформаторов распределительных сетей является актуальной и связана с обеспечением бесперебойного электроснабжения потребителей.

Во-первых, она связана с высокой степенью износа трансформаторного оборудования в распределительных сетях 35/6(10) кВ (по данным ПАО «МРСК Центра и Приволжья» количество всего отказов составляет 10 901, где 60 % эксплуатируемого трансформаторного оборудования

выработало свой ресурс) [1]. Большинство силовых маслонаполненных трансформаторов 35/6(10) кВ эксплуатируются с превышением назначенного ресурса, определенным нормативно-технической документацией, который приводит к частым отказам, что подтверждается данными ПАО «МРСК Центра и Приволжья» 2 505 отказов в 2020 г. [1].

Во-вторых, существует безусловная взаимосвязь между параметрами силового трансформатора и внешними факторами, что оказывает действие на техническое состояние силового трансформатора. Степень этих взаимовлияний и их закономерности можно определить только при обобщенной оценке состояния всех внутренних параметров трансформатора и внешних факторов. Техническое состояние силового трансформатора характеризует его способность выполнять свои функции по передаче и преобразованию электрической энергии с параметрами, установленными нормативно-технической документацией по данному виду трансформатора в заданных условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортировки. Силовые трансформаторы являются одним из наиболее ответственных и дорогостоящих элементов в электроэнергетической системе, к которым предъявляют высокие требования по надежности.

В-третьих, актуальность работы определяется необходимостью перехода к организации ремонта основного энергетического оборудования подстанции от системы планово-предупредительных ремонтов к ремонту по фактическому состоянию [2]. В 2019 г. ПАО «Россети» утвердила программу «Цифровая трансформация 2030» [3], которая предполагает полное преобразование энергетической электросетевой инфраструктуры посредством внедрения цифровых технологий. Основной недостаток системы планово-предупредительных ремонтов заключается в отсутствии комплексного подхода к обслуживанию электрооборудования, что может привести к необоснованной трудоемкости ремонтов оборудования и увеличению затрат на техническое обслуживание.

Сегодня в электроэнергетике активно развиваются и внедряются цифровые технологии. Информационно-измерительная база на основе современных измерительных комплексов, обеспечивает сбор, обработку и хранение информации с различных контрольно-измерительных приборов и систем мониторинга отдельных параметров в режиме реального времени. Такие комплексы обеспечивают удаленное наблюдение за техническим состоянием силового трансформатора, повышают точность определения контролируемых параметров при эксплуатации оборудования. Данные, получаемые в ходе мониторинга параметров, позволяют определить

долгосрочные перспективы функционирования силового трансформатора в горизонте по годам и месяцам, что поможет избежать необоснованного увеличения затрат за ремонт и техническое обслуживание трансформаторного оборудования.

В заключении хотелось бы отметить, что контроль технического состояния силового маслонаполненного трансформатора, как основного элемента электроэнергетической системы – первоочередная задача, как с технической, так и с экономической точки зрения, что, несомненно, подчеркивает актуальность темы данной работы. Реализация такой системы оценки позволит более эффективно эксплуатировать энергетическое оборудование при минимальных эксплуатационных затратах, перейти к организации технического обслуживания и ремонта основного электротехнического оборудования подстанции по фактическому состоянию.

Источники

1. Годовой отчет ПАО «МРСК Центра и Приволжья» за 2020 год [Электронный ресурс]. URL: https://mrskcp.ru/upload/iblock/af6/af609683acae9999c8b61b14be282100.pdf (дата обращения: 29.09.2022).

2. Об утверждении требований к обеспечению надежности электроэнергетических систем, надежности и безопасности объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок правила организации технического обслуживания и ремонта объектов электроэнергетики [Электронный ресурс]: Приказ Минэнерго от 25 октября 2017 г. № 1013 // Доступ из СПС «КонультантПлюс» (дата обращения: 12.10.2022).

3. Концепция ПАО «Россети» Цифровая трансформация – 2030 [Электронный ресурс]. URL: https://rosseti.ru/investment/Kontseptsiya_Tsifrovaya_transformatsiya_2030.pdf (дата обращения: 29.09.2022).

4. Equipment and data transmission system for express analysis of the technical condition of the main equipment of the 35/6(10)kV transformer substation / O. Vladimirov [et al.] // Proc. of ICEPP. 2021. Vol. 190. Pp. 122–134.

УДК 004.896:621.865

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЛИНЕЙНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ТЕПЛОВИЗИОННОЙ СИСТЕМЫ СОПРОВОЖДЕНИЯ ЦЕЛИ

Гимадеев Рауф Айдарович[1], Малёв Николай Анатольевич [2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2]maleeev@mail.ru

В работе рассматривается замкнутый по скорости электропривод тепловизионной системы сопровождения цели. В качестве исполнительного элемента используется малоинерционный двигатель с гладким якорем, функционирующий в составе релейной автоколебательной системы. Получены уравнения динамики рассматриваемой системы и определены коэффициенты гармонической линеаризации.

Ключевые слова: автоколебания, электропривод, нелинейная система, релейное управление.

STUDY OF A NONLINEAR ELECTRIC DRIVE THERMAL VISION TARGET TRACKING SYSTEM

Gimadeev Rauf Aidarovich[1], Malev Nikolay Anatolievich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1,2]maleeev@mail.ru

The paper considers an electric drive of a thermal imaging target tracking system closed in rotational speed. As an actuating element, a low-inertia motor with a smooth armature is used, which functions as part of a relay self-oscillatory system. The equations of dynamics of the system under consideration are obtained and the coefficients of harmonic linearization are determined

Keywords: self-oscillations, electric drive, non-linear system, relay control.

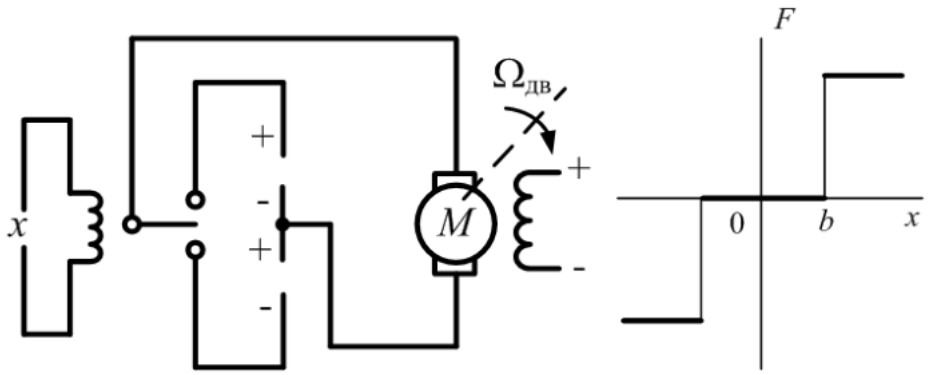
В системах автосопровождения цели перспективным является применение релейных автоколебательных систем управления. При этом не требуется обеспечивать устойчивость «в малом», т. е. возможна реализация высоких коэффициентов передачи разомкнутого контура, обеспечивающая плавность движения выходного вала исполнительного механизма, которая является одной из важнейших характеристик систем слежения [1].

По сравнению с системами, работающими в режиме широтно-импульсной модуляции, автоколебательные системы имеют больший коэффициент усиления разомкнутого контура, так как для обеспечения

захвата контура вынуждающими колебаниями при работе в режиме широтно-импульсной модуляции необходима амплитуда их примерно в два раза больше амплитуды автоколебаний, что приводит к уменьшению эквива-лентного коэффициента усиления релейного усилителя [2].

Положительные свойства автоколебательных систем проявляются, если параметры автоколебаний (амплитуда и частота) не вызывают существенного нагрева двигателя в процессе работы.

Входной величиной релейного исполнительного механизма является напряжение обмотки реле, выходной величиной – скорость вращения двигателя (рис. 1, *а*).



а *б*

Рис. 1. Релейный электропривод: *а* – функциональная схема; *б* – статическая характеристика реле

Полагая, что входная величина x изменяется по синусоидальному закону:

$$x = A\sin\omega t,\ \omega t = \psi, \tag{1}$$

найдём закон изменения скорости двигателя в установившемся режиме (рис. 2). Точка 1 соответствует моменту времени t_1 включения реле, когда входная величина примет значение $x = b$ (рис. 2). Из (1) получим:

$$t_1 = \frac{\psi_1}{\omega},\ \psi_1 = \arcsin\frac{1}{\alpha},\ \alpha = \frac{A}{b}. \tag{2}$$

На участке *1–2* реле включено, цепь якоря замкнута и движение якоря двигателя описывается дифференциальным уравнением:

$$J_{\Sigma}\frac{d\Omega_{\text{дв}}}{\text{dt}}+k\Omega_{\text{дв}}=M_{\text{п}}, \tag{3}$$

где J_{Σ} – приведённый момент инерции; k – коэффициент наклона механической характеристики (жёсткость); $M_{\text{п}}$ – пусковой момент двигателя.

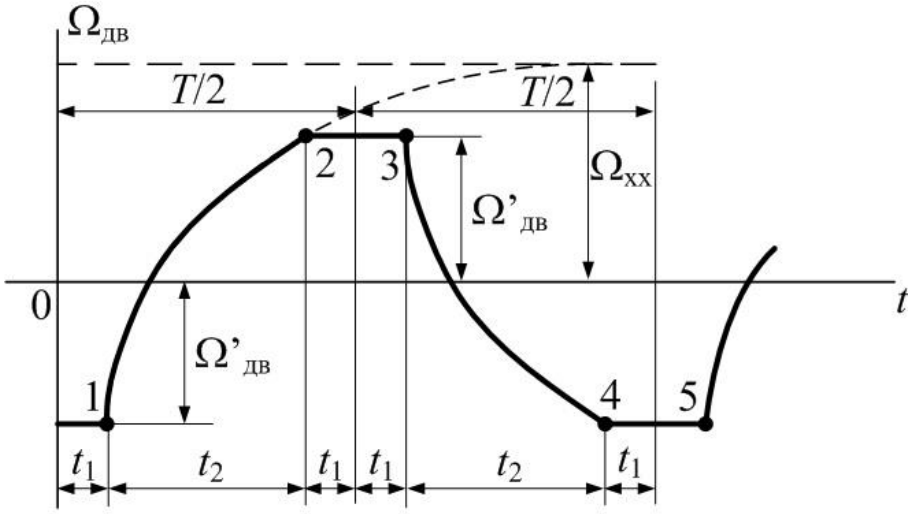


Рис. 2. Зависимость выходной координаты электропривода от времени

Решение уравнения (3) для участка *1–2* даёт

$$\Omega_{\text{дв}}=\Omega_{\text{хх}}-\left(\Omega_{\text{хх}}-\Omega'_{\text{дв}}\right)e^{-\frac{t}{T_{\text{м}}}}, \tag{4}$$

где $\Omega_{\text{хх}}$ – скорость холостого хода двигателя; $\Omega'_{\text{дв}}$ – начальное значение скорости двигателя; $T_{\text{м}}$ – электромеханическая постоянная времени двигателя.

Для момента выключения реле в точке *2* имеем:

$$t_2=\frac{T}{2}-2t_1=\frac{\pi-2\psi_1}{\omega},\ T=\frac{2\pi}{\omega}, \tag{5}$$

где T – период колебаний входного воздействия. Скорость в точке *2* из условия симметрии должна быть равна с обратным знаком скорости в начале участка, т. е. в точке *1*. Подставив $t = t_2$ в (4), получим:

$$\Omega'_{\text{дв}} = \Omega_{\text{хх}} - \left(\Omega_{\text{хх}} - \Omega'_{\text{дв}}\right) e^{-\frac{t_2}{T_{\text{м}}}}, \tag{6}$$

откуда абсолютное значение скорости выбега двигателя:

$$\Omega'_{\text{дв}} = \frac{1-y}{1+y}\Omega_{\text{хх}},\ y = e^{-\frac{t_2}{T_{\text{м}}}}. \tag{7}$$

На участке *2–3* реле выключено и цепь якоря разомкнута, снимается пусковой момент и исчезает динамическое торможение. Якорь двигателя превращается в маховик, движение которого описывается уравнением:

$$J_{\Sigma}\frac{d\Omega_{\text{дв}}}{\text{dt}} = 0. \tag{8}$$

Из уравнения (8) следует $\Omega_{\text{дв}} = \Omega'_{\text{дв}} = \text{const}$. В точке *3* происходит включение реле в другую сторону, и процесс повторяется в обратном направлении.

Коэффициенты гармонической линеаризации определяются по формулам:

$$\left.\begin{aligned} q(A,\omega) &= \frac{1}{\pi A}\int_0^{2\pi} F\left(A\sin\psi,\ A\omega\cos\psi\right)\sin\psi d\psi, \\ q'(A,\omega) &= \frac{1}{\pi A}\int_0^{2\pi} F\left(A\sin\psi,\ A\omega\cos\psi\right)\cos\psi d\psi,\ \psi = \omega t. \end{aligned}\right\}$$

Заменив в данных выражениях угол его значением $\psi = \omega t = \frac{2\pi}{T}t$ и переходя к пределам времени, получим:

$$\left.\begin{aligned} q(A,\omega) &= \frac{2}{TA}\int_0^{T}\Omega_{\text{дв}}(t)\sin\omega t dt, \\ q'(A,\omega) &= \frac{2}{TA}\int_0^{T}\Omega_{\text{дв}}(t)\cos\omega t dt. \end{aligned}\right\} \tag{9}$$

Определим коэффициенты гармонической линеаризации в приведённом нормированном виде, выразив их через относительные амплитуду α и частоту ν:

$$\alpha = \frac{A}{b}, \quad \nu = \omega T_{\text{м}} = \frac{2\pi}{T} T_{\text{м}}. \tag{10}$$

Выполняя интегрирование согласно (9) по участкам (рис. 2) при учёте (10), получим:

$$\left.\begin{aligned} q(\alpha, \nu) = k_{\text{н}} q_{\text{п}}(\alpha, \nu),\ q'(\alpha, \nu) = k_{\text{н}} q'_{\text{п}}(\alpha, \nu),\ k_{\text{н}} = \frac{\Omega_{\text{xx}}}{b} \\ q_{\text{п}}(\alpha, \nu) = \frac{4}{\pi\alpha^2\left(1+\nu^2\right)}\left[\sqrt{\alpha^2 - 1} - \frac{\nu(1-y)}{1+y}\right], \\ q'_{\text{п}}(\alpha, \nu) = -\frac{4}{\pi\alpha^2\left(1+\nu^2\right)}\left[\frac{1-y}{1+y} + \nu\sqrt{\alpha^2 - 1}\right],\ \alpha \geq 1. \end{aligned}\right\}$$

Полученные коэффициенты гармонической линеаризации позволяют сформировать структуру линеаризованной системы и синтезировать соответствующие корректирующие устройства [3].

Источники

1. Фалдин Н.В. Релейные системы автоматического управления // Математические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления / под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. М.: МГТУ им. Баумана, 2004. С. 573–636.

2. The automatization method of processing of flexible parts without their rigid fixation / V. Filaretov [et al.] // Procedia Engineering. 2015. Vol. 100. Pp. 4–13.

3. Малёв Н.А., Погодицкий О.В. Исследование и синтез модального регулятора двухмассовой электромеханической системы механизма подъёма крана // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2018. Т. 20, № 7-8. С. 99–106.

УДК 621-313.3

РЕГИСТРАТОР ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИВОДНЫХ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ СИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ

Горбань Александр Анатольевич[1], Шелихов Евгений Сергеевич[2],
Греков Эдуард Леонидович[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «ОГУ», г. Оренбург
[1]alexandr_gorban@mail.ru, [2]shelevgen@mail.ru, [3]aep@unpk.osu.ru

В статье представлен регистратор электрических параметров высоковольтных синхронных электродвигателей, описывается принцип действия, основные характеристики и область применения.

Ключевые слова: регистратор, газоперекачивающий агрегат, фактическое техническое состояние.

RECORDER OF ELECTRICAL PARAMETERS OF HIGH-VOLTAGE SYNCHRONOUS ELECTRIC MOTORS FOR GAS PUMPING UNITS

Gorban Alexander Anatolyevich[1], Shelekhov Evgeny Sergeevich[2],
Grekov Eduard Leonidovich[3]
[1,2,3]FSBEI HE “OSU”, Orenburg
[1]alexandr_gorban@mail.ru, [2]shelevgen@mail.ru, [3]aep@unpk.osu.ru

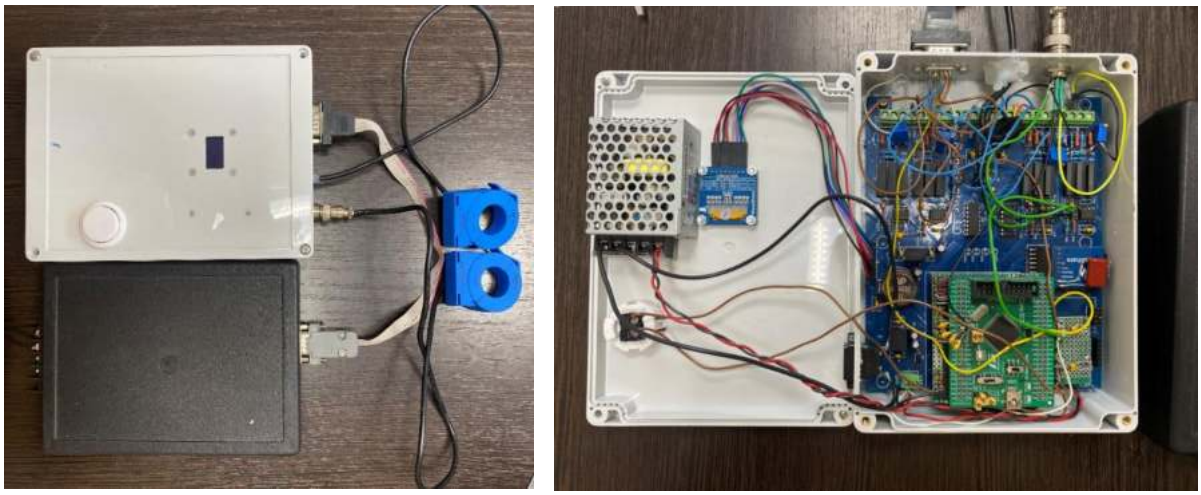
The article presents a recorder of electrical parameters of high-voltage synchronous electric motors, describes the principle of operation, main characteristics and scope of application.

Keywords: recorder, gas pumping unit, actual technical condition.

Определение фактического технического состояния является основой прогнозирования отказов электрооборудования. В основе параметрической надежности лежит определение параметров электрооборудования и их сравнение с эталонными или номинальными показаниями. По величинам расхождений значений делается вывод об снижении работоспособности и указывается непосредственная часть устройства, в которой развивается потенциальный отказ.

В данной работе представлен разработанный в Оренбургском государственном университете регистратор электрических параметров, который предназначен для измерения и записи значений токов и напряжений синхронных приводных электродвигателей газоперекачивающих

агрегатов. Данное устройство в общем виде и раскрытом состоянии представлено на рис. 1 и состоит из следующих основных модулей: плата управления с контроллером (STM32 на плате STM32F407VET6), модуль измерения, модуль памяти, модуль визуализации. Измерения осуществляются по четырём независимым каналам, которые являются универсальными и позволяют подключать как различные датчики тока, так и датчики напряжения. На опытной модели регистратора применяются два датчика тока на эффекте Холла HST023R 50A/4V и HST023R 500A/4V. Датчик HST023R 50A/4V используется для измерения тока во вторичных токовых цепях трансформаторов тока, а именно для измерения тока статора высоковольтных электродвигателей. Датчик HST023R 500A/4V предназначен для непосредственного измерения тока ротора высоковольтного синхронного электродвигателя.



а *б*

Рис. 1. Регистратор электрических параметров газоперекачивающих агрегатов

Для измерения напряжения применяется два датчика HV25-600V-5V, установленных в модуле измерений. Один из датчиков предназначен для снятия значения напряжения во вторичных цепях на статоре, второй на роторе высоковольтного синхронного электродвигателя 6/10 кВ. Датчики напряжения представлены на рис. 2.

Измеренные регистратором значения записываются на карту памяти типа Micro SD в формате bin, размер каждого файла не более 1 Мб. Объем данных одного измерения по 4 каналам составляет 8 байт. Значения отображаются на OLED дисплее. Для просмотра данных разработана программа визуализации для ПК.

При испытании прибора, он был подключен к регулируемому источнику энергии на 72 ч. На рис. 3 представлено диалоговое окно программы визуализации с фрагментом полученных измерений.

Рис. 2. Датчики напряжения HV25-600V-5V

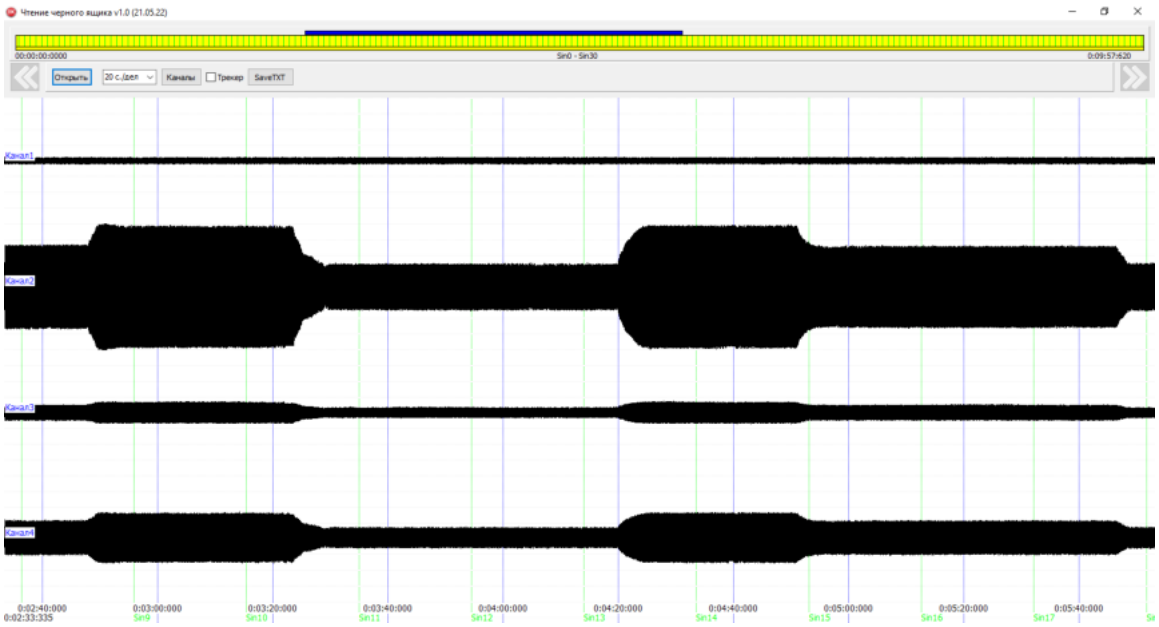


Рис. 3. Диалоговое окно программы визуализации

По второму каналу производилось измерение напряжение источника, по третьему и четвертому – измерение тока нагрузки. Графики по всем каналам синфазны, уровень шума не превышает допустимых значений, запись прошла успешно без потери данных.

Устройство позволяет записывать до 128 значений за период синусоиды, или до 6400 точек в секунду. Высокая частота измерений позволит получить полные и достоверные данные о работе электродвигателей. Полученные измерения будут подвергнуты спектральному анализу на основе вейвлет-преобразований для определения фактического технического состояния рассматриваемых электрических машин.

Источники

1. Гнеденко Б.В. Математические методы в теории надежности. Основные характеристики надежности и их статистический анализ. М.: Наука 1965. 522с.
2. Бабичев С.А. Развитие методов оценки технического состояния электродвигателей газоперекачивающих агрегатов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Н. Новгород: 2012. 19 с.
3. Мониторинг силовых агрегатов на компрессорных станциях / Е.О. Антонова [и др.]. СПб.: Недра, 1998. 216 с.
4. Ерёмин Н.В., Степанов О.А., Яковлев Е.И. Компрессорные станции магистральных газопроводов (надежность и качество). СПб.: Недра 1995. 336 с.
5. Теория прогнозирования и принятия решения / под ред. С.А. Саркисяна. М.: Высшая школа, 1977. 163 с.

УДК 621.365.5

ПРИМЕНЕНИЕ СВЧ ВОЛНОВОДНО-ЩЕЛЕВЫХ ИЗЛУЧАЮЩИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕРМООБРАБОТКИ ДИЭЛЕКТРИКОВ

Желнов Владислав Евгеньевич[1], Тригорлый Сергей Викторович[2]
[1,2]СГТУ имени Гагарина Ю.А., г. Саратов
[1]ya.grad12@yandex.ru, [2]trigorly55@mail.ru

В статье рассмотрено применение СВЧ-установки с волноводно-щелевой излучающей системой, предназначенной для термообработки диэлектриков. Компьютерное моделирование электродинамических и тепловых процессов выполнено в среде COMSOL Multiphysics. Представлены результаты моделирования нагрева грунта при мощности СВЧ-генератора 2 кВт.

Ключевые слова: СВЧ-установка, термообработка диэлектриков, компьютерное моделирование, волноводно-щелевая система, эффективность термообработки.

APPLICATION OF MICROWAVE SLOT RADIANT SYSTEMS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF HEAT TREATMENT OF DIELECTRIC

Zhelnov Vladislav Evgenievich[1], Trigorly Sergey Viktorovich[2]
[1,2]Yuri Gagarin SSTU, Saratov
[1]ya.grad12@yandex.ru, [2]trigorly55@mail.ru

The article considers the use of a microwave installation with a waveguide-slot radiating system designed for heat treatment of dielectrics. Computer simulation of electrodynamic and thermal processes was performed using COMSOL Multiphysics software. The results of ground heating simulation at microwave power of 2 kW are presented.

Keywords: microwave installation, heat treatment of dielectrics, computer simulation, slotted waveguide system, heat treatment efficiency.

Рассматриваемая СВЧ-камера с волноводно-щелевыми излучателями относится к камерам лучевого типа с неограниченным объёмом, где антенна облучает обрабатываемый объект в открытом пространстве [1]. Использование СВЧ-установок с камерами лучевого типа позволяет повысить эффективность термообработки объектов различных габаритов, обеспечивая равномерный нагрев и работу в периодическом и методическом режимах [2]. Такие СВЧ-камеры перспективны для тепловой обработки мерзлого грунта, обеззараживания почвы [3].

Для нагрева мёрзлого грунта предлагается использовать СВЧ-установку с волноводно-щелевой излучающей системой (рис. 1).

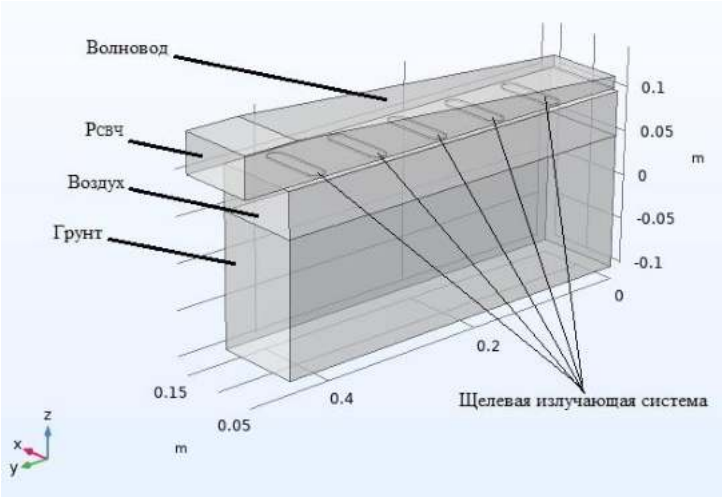


Рис. 1. Геометрическая модель СВЧ-камеры с волноводно-щелевой излучающей системой

Мощность СВЧ-генератора составляет 2 кВт. Длина волноводной части камеры – 450 мм, ширина щели – 20 мм, длина щели – 80 мм. Рассматривался нагрев грунта при начальной температуре –20 °С до момента начала размораживания 0 °С.

Компьютерное моделирование электродинамических и тепловых процессов при СВЧ-термообработке грунта [4] проведено в трехмерной постановке с использованием программного обеспечения COMSOL Multiphysics [5].

Результаты моделирования приведены на рис. 2 в виде температурного поля в грунте. Установлено, что при СВЧ-мощности 2 кВт за время 130 с слой грунта толщиной 2 см нагревается до температуры –10…0 °С.

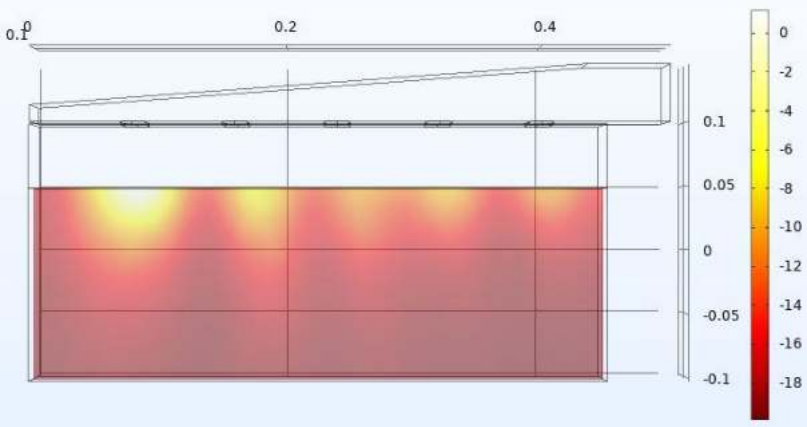


Рис. 2. Распределение температурного поля по глубине грунта в сечении *zy* для момента времени 130 с

Источники

1. Архангельский Ю.С., Тригорлый С.В. Камеры лучевого типа. Саратов: «Амирит», 2017. 198 с.

2. Тригорлый С.В. Математическое моделирование СВЧ термообработки диэлектриков с учетом изменения их физических свойств // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2006. № 1 (10). С. 58–66.

3. Архангельский Ю.С. СВЧ электротермия. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 1998. 408 с.

4. Захаров В.В., Тригорлый С.В. Математическое моделирование СВЧ термообработки диэлектриков с учетом изменения их физических свойств // Вопросы электротехнологии. 2020. № 3 (28). С. 5–12.

5. Моделирование СВЧ электротехнологических процессов и установок с помощью программного пакета COMSOL Multiphysics: учеб. пособие по курсу «Электропечи сопротивления» / С.В. Тригорлый [и др.]. Саратов: Амирит, 2019. 105 с.

УКД 631. 3

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПО УЧЕТУ РАСХОДА И ДАВЛЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ СИСТЕМЫ МИКРОРАЙОНА Г. ИЖЕВСКА

Камалиев Ильдар Иршатович[1],МухаметгалеевТанир Хамитевич[2]
[1,2,]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]kamalievildar@mail.ru, [2]banzay-13-13@yandex.ru

В статье приведен обзор решения для учета и контроля воды, тепла на объектах любого уровня и масштаба: магистральных трубопроводах, водохранилищах, реках, скважинах, затапливаемых камерах и колодцах, а также в подъездах и квартирах жилых домов и офисах.

Ключевые слова:для учета и контроля воды , магистральные трубопровода, водохранилища , жилые дома , офис.

INFORMATION SYSTEM FOR RECORDING THE FLOW AND PRESSURE OF THE THERMAL SYSTEM OF THE MICRODISTRICT OF IZHEVSK

Kamaliev Ildar Irshatovich[1], MukhametgaleevTanirKhamitevich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]kamalievildar@mail.ru, [2]banzay-13-13@yandex.ru

The article provides an overview of a complete solution for metering and controlling water, heat at objects of any level and scale: main pipelines, reservoirs, rivers, wells, flooded chambers and wells, as well as in entrances and apartments of residential buildings and offices.

Keywords: for accounting and control of water, main pipelines, reservoirs, residential buildings, office.

В состав производственно-жилого района г. Ижевск входят больница, гостиница, общежитие, жилой дом № 9, жилой дом № 10, жилой дом № 11, жилой дом № 12, автосервис и деревообрабатывающий цех. Расположение объектов изображено на рис. 1.

Информационная система PROMODEM LOGGER

Для учета и контроля расхода и давления тепловой системы микрорайона предлагается информационная система (ИС) PROMODEM LOGGER, которая предназначена для сбора, контроля, хранения, периодической передачи на сервер и визуализации архивов измерений, накопленных с импульсных счетчиков воды, газа, электричества, аналоговых датчиков

давления, температуры, потока, уровня, дискретных датчиков уровня, сигнализации, а также для незамедлительного информирования диспетчера при возникновении аварийной ситуации на узле учета. ИС позволяет организовать дистанционный доступ по расписанию к внешним устройствам, подключенным к последовательному интерфейсу логгера. Структурная схема ИС PROMODEM LOGGER приведена на рис. 2, упрощенный принцип работы ИС PROMODEM LOGGER показан на рис. 3.

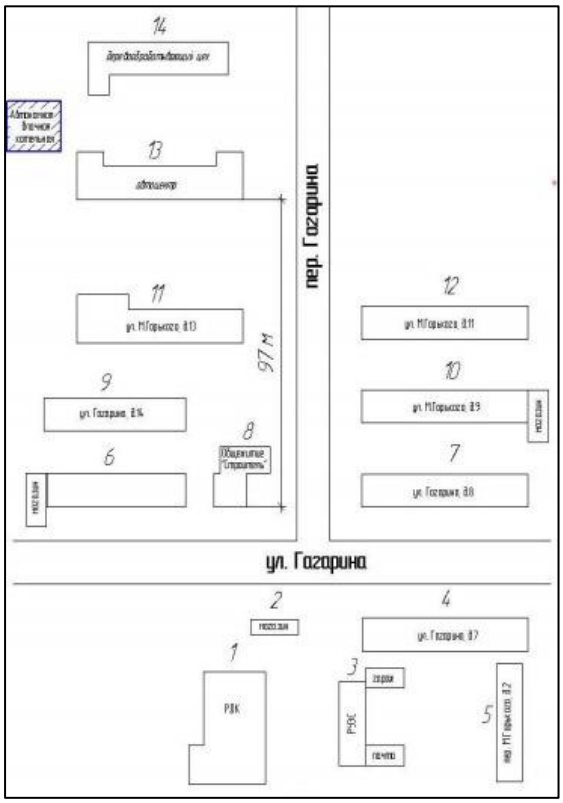


Рис. 1. План расположения объектов теплоснабжения: *6* – больница; *7* – гостиница; *8* – общежитие; *9–12* – жилые дома; *13* –автосервис; *14* –деревообрабатывающий цех

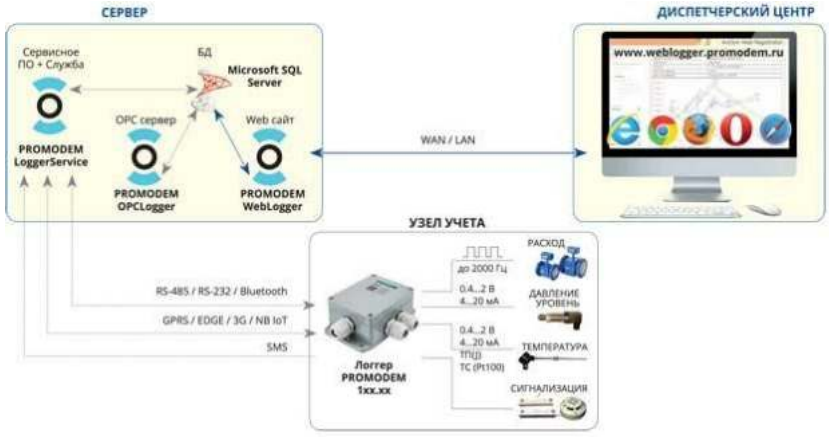


Рис. 2. Структурная схема ИС PROMODEM LOGGER

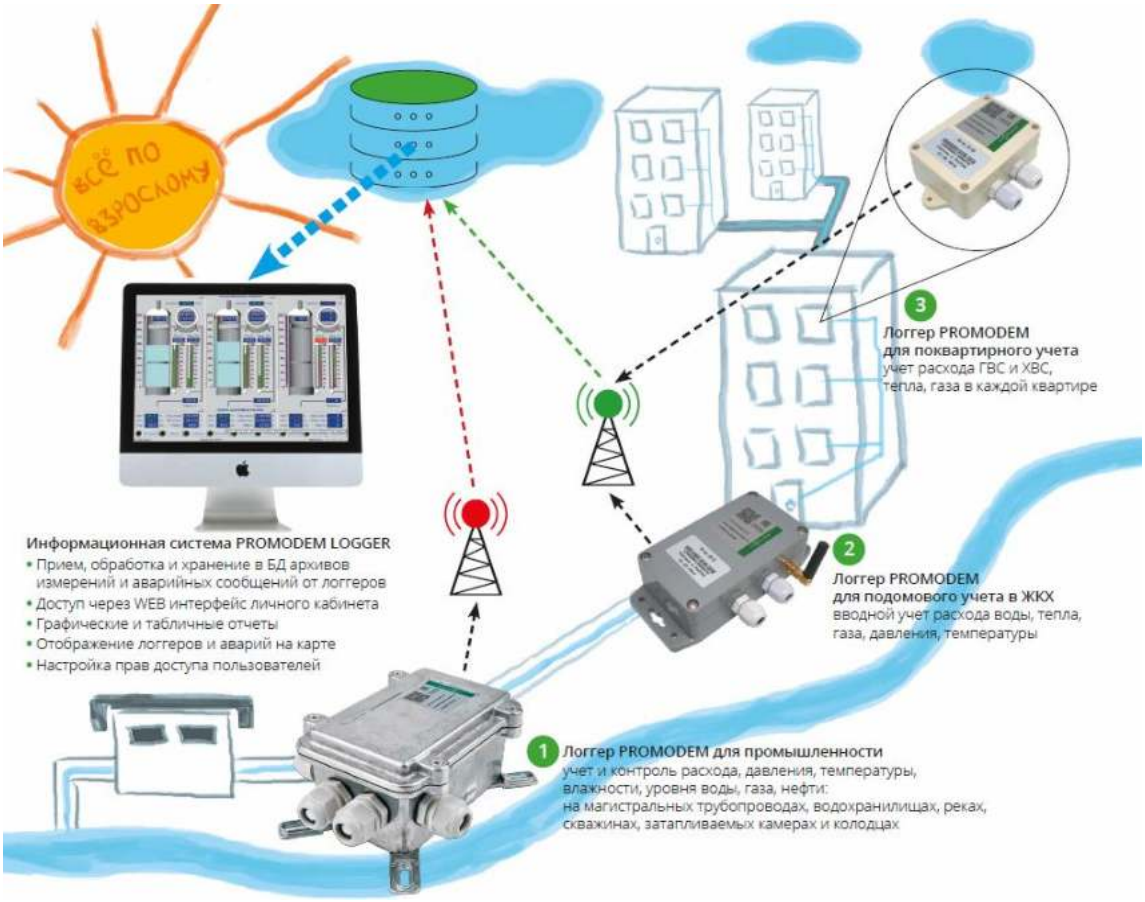


Рис. 3. Упрощенный принцип работы ИС PROMODEM LOGGER

Логгеры PROMODEM:

– постоянно контролируют состояние датчиков сигнализации и затопления, подключенных к дискретным входам;

– постоянно подсчитывают импульсы от импульсных счетчиков воды, газа, электричества, подключенных к счетным входам, с заданной периодичностью осуществляя контроль количества импульсов на min/max за период измерения;

– с заданной периодичностью фиксируют показания датчиков давления, уровня, потока и температуры, подключенных к аналоговым входам, осуществляя контроль выхода измеренных значений за заданные пределы min/max;

– с заданной периодичностью контролируют остаточную емкость батареи/аккумулятора и температуру окружающей среды;

– по расписанию передают архивы измерений на сервер (БД Microsoft SQL Server) через беспроводные каналы GSM / 3G / LTE (NB-IoT) / CMC;

– в любой момент времени позволяют локально через последовательный интерфейс скачать архивы измерений;

– по расписанию организуют для диспетчерского ПО прозрачный канал доступа к оконечному оборудованию пользователя, подключенному к последовательному интерфейсу RS-485 / RS-232;

– незамедлительно отправляют аварийные сообщения на сервер и на телефоны аварийной бригады.

Источники

1. Логгеры PROMODEM [Электронный ресурс]. URL: https://all-pribors.ru/opisanie/74293-19-promodem#:~:text=Логгеры%20 PROMODEM %20(далее%20%20логгер),хранением%20и%20передачей%20измерительной%20информации (дата обращения: 10.10.2022).

2. Учет и контроль расхода на всех уровнях с помощью автономных логгеров PROMODEM через веб-интерфейс информационной системы [Электронный ресурс]. URL: https://promodem.ru/resheniya/podomovoy-uchet/uchet-i-kontrol-raskhoda-na-vsekh-urovnyakh.html (дата обращения: 17.10.2022).

3. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учеб. для вузов. 8-е изд.,стер. М.: МЭИ,2006. 472 с.

4. Ильин В.К., Гусячкин В.К. Курсовое проектирование по тепло-снабжению предприятий: учеб.-метод. пособие. Казань: КГЭУ, 2018. 150 с.

УДК 679.743.1

КОНТРОЛЬ ИЗОЛЯЦИИ НА КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ 1 КВ

Климов Егор Дмитриевич[1], Петров Леонид Петрович[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
Pijamaenotika@yandex.ru

В данном тезисе проведён анализ методик контроля изоляции на силовых линиях напряжением 1 кВ. Выделены достоинства и недостатки некоторых методик, предложена наиболее эффективная.

Ключевые слова: сопротивление изоляции, диагностика, кабельные линии, среднее напряжение.

INSULATION CONTROL ON CABLE LINES 1 KV

Klimov Egor Dmitrievich, Alexey Nikolaevich Tsvetkov
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
Pijamaenotika@yandex.ru

In this thesis, the analysis of methods of insulation control on power lines with a voltage 1 kV is carried out. The advantages and disadvantages of some techniques are highlighted, the most effective one is proposed.

Keywords: insulation resistance, diagnostics, cable lines, average voltage.

На данный момент в Российской Федерации наблюдается старение электрической инфраструктуры, которая постепенно начинает выходить из строя. Поэтому необходимо периодически проводить диагностику силовых линий среднего напряжения.

У кабельных линий, рассчитанных на разные напряжения, методика проведения практически одинакова. Различия только в подаваемом напряжении при испытаниях (если требуется подача потенциала). Автором рассмотрены наиболее популярные методики испытаний и диагностики кабельных линий (КЛ).

Испытания подразумевают разрушающий метод контроля, то наиболее популярными методиками можно назвать – испытания повышенным напряжением промышленной частоты; повышенным постоянным напряжением; повышенным напряжением сверхнизкой частоты (СНЧ) (0,1 Гц).

Для силовых линий 1 кВ испытания повышенным напряжением промышленной частоты не применимы в силу большой электрической ёмкости кабельных жил и установка должна быть большой мощности.

Важно отметить, что в силу низкого среднего напряжения (1 кВ) кабели с резиновой изоляцией, одной жилой или с пластмассовой изоляцией без брони, проложенных в воздухе, испытания повышенным выпрямленным напряжением не подвергаются. Но если кабель не подходит ни к одной из этих категорий, то испытание выпрямленным напряжением проводится не более 5 минут с потенциалом не более 5 кВ. Как правило такое испытание проводится параллельно с измерением сопротивления изоляции мегаомметром с напряжением 2,5 кВ в течение 1 минуты [1, 2].

На данный момент испытания напряжением СНЧ на кабельных линиях 1 кВ не проводятся, так как экономически не выгодно доставлять установку СНЧ на место испытаний и нет необходимости проводить такие сложные испытания при средне-низком напряжении.

Диагностика содержит в себе неразрушающие методы контроля: измерение частичных разрядов; возвратное напряжение; ток релаксации; ток утечки (сопротивление изоляции); тангенс дельта (угол диэлектрических потерь). В России наиболее распространены два метода неразрушающего контроля: измерение и локализация частичных разрядов и анализ возвратного напряжения в изоляции КЛ.

Измерение и локализация частичных разрядов представляет собой подачу высоковольтного разряда на единицы-десятки наносекунд. Частичный разряд шунтирует изоляцию КЛ. Места слабой изоляции или повреждения фиксируются компьютером и отражаются в виде графика на компьютере. Чем больше кривых на графике и чем они выше, тем больше повреждений на линии. Этот параметр позволяет спрогнозировать остаточный ресурс КЛ.

Анализ возвратного напряжения в изоляции основан на измерении и анализе зависимостей его от времени прохождения тока зарядки в процессе зарядки емкости диагностируемого кабеля постоянным напряжением 1 и 2 кВ. Эти зависимости характеризуют состояние, степень старения и содержание влаги в изоляции силовых кабельных линий. Степень старения изоляции оценивается по максимальному возвратному напряжению, скорости нарастания возвратного напряжения и коэффициенту нелинейности (соотношение измеренных величин при разных значениях зарядного напряжения). Можно определить степень влагосодержания изоляции кабелей оценивается по силе тока зарядки (установившееся значение), характеризующей интенсивность процессов проводимости в изоляции и броне [3, 4].

Подводя итоги, можно сделать вывод, что неразрушающие методы контроля состояния изоляции кабельных линий наиболее экономически выгодны на эксплуатируемых энергообъектах. Также данные методы позволяют быстрее производить диагностику. Это позволяет избегать огромных денежных потерь для поставщика электроэнергии.

Источники

1. Тукшаитов Р.Х., Роженцова Н.В., Денисова А.Р. Разработка и исследование схемы измерения тока утечки при испытании изоляции повышенным выпрямленным напряжением // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 4. С. 96–104.

2. Хазиева Р.Т., Мухаметшин А.В. Разработка и исследование схемы измерения тока утечки при испытании изоляции повышенным выпрямленным напряжением // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 4. С. 145–155.

3. Induction Method for Parameters Control of Cable Lines laying at the Electricity Distribution Network Polygon [Электронный ресурс] / R.R. Aska-rov [et al.] // Proc. of the 4th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering. 2022. URL: https://ieeexplore.ieee.org/xpl/conhome/9731097/proceeding?isnumber=9731358&pageNumber=2 (дата обращения: 27.10.2022).

4. Методика обнаружения опасных зон в изоляции кабельных линий по характеристикам частичных разрядов / А.Ю. Кубарев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2012. № 1-2. С. 187–190.

УДК 621.313.333.1

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ФАЗНЫМ РОТОРОМ

Комаров Никита Евгеньевич
ФГБОУ ВО «УлГТУ», г. Ульяновск
komarovnikitos1999@gmail.com

Данная статья посвящена разработке системы управления асинхронным двигателем с фазным ротором, обладающая возможностью двухканального регулирования напряжения, как по статорной, так и по роторной обмотке двигателя.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, фазный ротор, разработка, регулирование, управление.

DEVELOPMENT OF AN ASYNCHRONOUS MOTOR CONTROL SYSTEM WITH A PHASE ROTOR

Komarov Nikita Evgenievich
Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk
komarovnikitos1999@gmail.com

This article is devoted to the development of an asynchronous motor control system with a phase rotor, which has the possibility of two-channel voltage regulation, both on the stator and on the rotor winding of the motor.

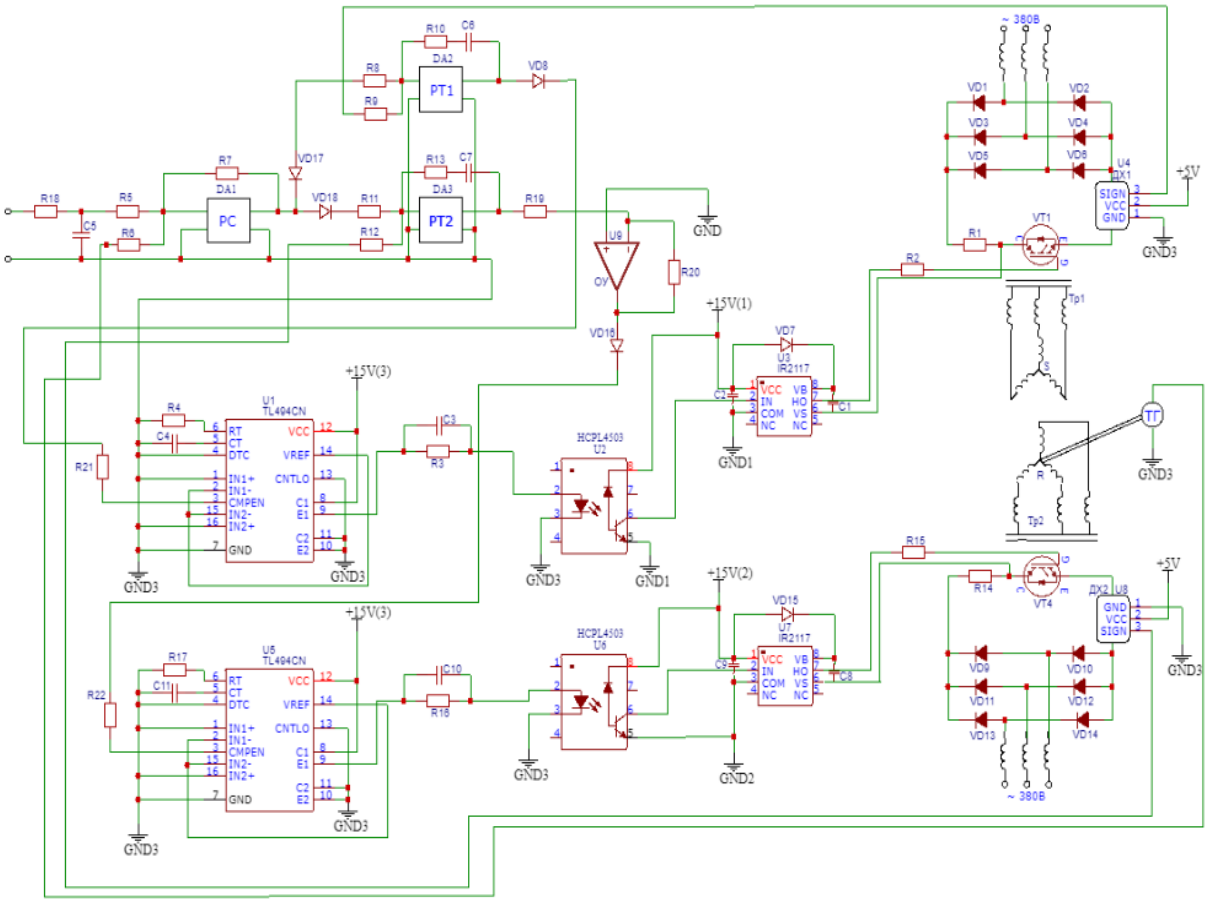
Keywords: asynchronous motor, phase rotor, development, regulation, control.

На рисунке приведена принципиальная схема управления АД с фазным ротором. Управление в данной системе производится по двум каналам. Для статорного и роторного регулирования напряжения применяются IGBT транзисторы в ключевом режиме [5].

Схема управления силовыми ключами построена на основе ШИМ регулирования. Для этого в данной системе применяются ШИМ микросхемы TL494CN, с помощью которых можно регулировать длительность импульсов, подаваемых на силовые ключи, а соответственно и напряжение, подаваемое на двигатель [1].

Драйвера IR2117 предназначены для усиления сигнала, поступающего с ШИМ микросхемы, чтобы гарантировано открыть силовой ключ. Также в схеме применяются опторазвязки, которые разделяют слаботочные и силовые цепи. Инвертирующий усилитель применяется с целью изменения полярности, подаваемого на микросхему TL494CN (2) сигнала [3].

Для построения замкнутой системы регулирования используется регулятор скорости, который с помощью тахогенератора, установленного на роторе двигателя, отслеживает частоту вращения и при необходимости изменяет ее, подавая сигналы на микросхему ШИМ. Регуляторы тока совместно с датчиками Холла обеспечивают контроль над перегрузками схемы [4].



Принципиальная схема управления АД с фазным ротором

Силовая часть схемы состоит из двух идентичных цепей питания. Где силовое 3-фазное напряжение подается на первичную обмотку трансформатора, в которой разомкнута точка «звезды». Разомкнутые концы первичной обмотки подключаются к трехфазному выпрямителю, полярные выходы которого подключены к силовому управляемому ключу (IGBT-транзистор), который работает в ШИМ режиме. Это позволяет изменять (регулировать) трехфазное напряжение на вторичной стороне трансформатора, которая подключена к асинхронному двигателю [2].

Источники

1. Анучин А.С. Системы управления электроприводов: учеб. для вузов. М.: ИД МЭИ, 2015. 373 с.

2. Доманов В.И., Доманов А.В., Мурзаков Д.Г. Исследование работы асинхронного двигателя по упрощенной схеме двойного питания // Электроника и электрооборудование транспорта. 2018. № 2. С. 35–37.

3. Регулирование асинхронного двигателя изменением напряжения на статоре / В.И. Доманов [и др.] // Электроника и электрооборудование транспорта. 2013. № 2. С. 35–37.

4. Машиностроение: энциклопедия / ред. совет: К.В. Фролов [и др.]. М.: Машиностроение, 2012. Т. 4-2: Электроприводы / Л.Б. Масандилов [и др.]. 520 с.

5. Онищенко Г.Б., Локтева И.Л. Асинхронные вентильные каскады и двигатели двойного питания. М.: Энергия, 1979. 200 с.

УДК 681.5.01

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СКВОЗНЫХ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Кондратьева Надежда Петровна[1], Корепанов Илья Яковлевич[2],
Большин Роман Геннадьевич[3], Краснолуцкая Мария Геннадьевна[4]
[1,2,4]ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный аграрный университет», г. Ижевск
[3]Российский государственный аграрный университет – Московская
сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, г. Москва
[1]aep_isha@maiL.ru, [2]korepanoff.ik@mail.ru, [3]bolshin@rgau-msha.ru, [4]aep_maria@mail.ru

В статье рассмотрено использование цифровых технологий в электроэнергетике на примере автоматической системы регулирования частоты и перетоков мощности. Затронут вопрос о цифровизации производства, ее преимуществах и барьерах, препятствующих внедрению цифровых технологий.

Ключевые слова: электроэнергетика, компьютерные технологии, автоматическая система, цифровая трансформация, анализ данных, энергетический сектор.

APPLICATION AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF COMPUTER TECHNOLOGIES IN THE ELECTRIC POWER INDUSTRY

Kondrateva Nadezhda Petrovna[1], Korepanov Ilya Yakovlevich[2],
Bolshin Roman Gnnadievich[3], Krasnolutskaya Maria Gennadievna[4]
[1,2,4]FGBOU VO “Udmurt State Agrarian University”, Izhevsk
[3]Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy
named after K.A. Timiryazev, Moscow
[1]aep_isha@maiL.ru, [2]korepanoff.ik@mail.ru, [3]bolshin@rgau-msha.ru, [4]aep_maria@mail.ru

The article considers the use of digital technologies in the electric power industry on the example of an automatic system for regulating the frequency and power flows. The issue of digitalization of production, its advantages and barriers to the introduction of digital technologies is touched upon.

Keywords: electric power industry, computer technologies, automatic system, digital transformation, data analysis, energy sector.

Электроэнергетика лежит в основе функционирования экономики страны. В системе электроэнергетики страны используются современные цифровые технологии для реализации диспетчерского и технологического управления. Внедрение современных сквозных цифровых технологий

в электроэнергетику связано с автоматизацией процесса сбора, обработки и отображения информации [1, 2]. Например, функционал системы автоматического регулирования частоты и активной мощности (АРЧМ), предназначен для:

– поддержания частоты в соответствии с требованием ГОСТ;

– регулирования обменных мощностей по контролируемым внешним и внутренним связям энергообъединений и энергосистем;

– распределения мощности между всеми объектами.

Применение сквозных цифровых технологий повышает быстроту и точность регулирования частоты и мощности в энергосистеме.

Повышение эффективности энергетической отрасли невозможно без применения цифровой трансформации [3, 4], что стало возможным с развитием интернета вещей (IIoT), обработки больших массивов данных (Big Data) и когнитивных вычислений (Cognitive Computing). В перспективе сквозные цифровые технологии в энергетики могут повысить доходы компании на 3–4 % в год за счет оперативного анализа данных, автоматизации процессов. Цифровая трансформация энергетики – это цифровизация всех отраслей ТЭК. Для любой генерирующей компании цифровизация открывает следующие возможности:

1) оптимизация энергосети за счет балансировки нагрузки в реальном времени;

2) интегрированный подход к обслуживанию клиентов;

3) персонализация электроэнергии, то есть создание стоимости электроэнергии, адаптирующейся к потребителю.

Цифровизация электроэнергетики ориентирована на экологически чистую энергию или на производство «зеленую» энергии. Вместе с этим имеет место ряд вызовов для цифровизации в энергетическом секторе, например:

1) использование беспилотных летательных аппаратов для мониторинга работоспособности технических объектов невозможно без соответствующих разрешений;

2) имеют место устаревшие системы отказ о которых в некоторых областях затруднен из-за дефицита обученных специалистов, владеющих цифровыми технологиями;

3) организации все чаще использую «облако» для хранения своей информации, что делает актуальным внедрять систему кибербезопасности.

В целом, наблюдается тенденция внедрения сквозных цифровых технологий в энергетическую отрасль страны [1–3].

Источники

1. Разработка и использование сквозных цифровых технологий в АПК с применение искусственного интеллекта для управления электротехнологическим оборудованием / Н.П. Кондратьева [и др.] // Актуальные проблемы энергетики АПК: матер. XIII Нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Саратов, 2022. С. 77–81.

2. Цифровая система мониторинга повреждений на линиях / А.И. Федотов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 1. С. 146–155.

3. Кондратьева Н.П., Шишов А.А., Ахатов Р.З. Внедрение системы визуализации на базе контроллеров SIEMENS s-1200 в программу мониторинга изоляции распределительных установок 6–10 кВ // Перспективные технологии и инновации В АПК в условиях цифровизации: матер. Междунар. науч.-практ. конф. Чебоксары, 2022. С. 309–311.

4. Кондратьева Н.П., Шишов А.А., Ходунов С.М. Система мониторинга изоляции распределительных установок в рабочем режиме // Развитие производства и роль агроинженерной науки в современном мире: матер. Междунар. науч.-практ. конф. Ижевск, 2021. С. 301–304.

УДК 621-313-82

ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Мухаметшин Азат Ильдусович[1], Малев Николай Анатольевич[2],
Корнилов Владимир Юрьевич[3], Ахметсагиров Рамиль Ильясович[4]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
[4]Набережночелнинский институт (филиал) КФУ
г. Набережные Челны, Россия
[1]mo2825@yandex.ru, [2]maleeev@mail.ru, [3]vkstbrus@gmail.com [4]inekaram@yandex.ru

В статье описан разработанный стенд для исследования энергетических характеристик трехфазных асинхронных электрических двигателей на основе нагружающего устройства представляющий двигатель постоянного тока с независимым возбуждением, работающий от источника тока. Стенд позволяет подавать на вал исследуемого двигателя электропривода статическую и динамическую нагрузку и исследовать электропривод под нагрузкой, соответствующей реальным условиям эксплуатации в лабораторных условиях. Гибкость алгоритма управления системой позволяет проводить широкий спектр различных испытаний трехфазных асинхронных электродвигателей в различных режимах работы.

Ключевые слова: нагрузочный стенд, измерение энергетических характеристик электроприводов с асинхронными трехфазными двигателями, статическая и динамическая характеристика, энергетические характеристики асинхронного электродвигателя.

STUDY OF DIGITAL FILTERS IN THE DIGITAL CHANNEL OF A TEMPERATURE METER IN MICROCONTROLLERS OF THE ARM SERIES

Mukhametshin Azat Ildusovich[1], Malev Nikolay Anatolyevich[2],
Kornilov Vladimir Yurievich[3], Akhmetsagirov Ramil Ilyasovich[4]
[1,2,3]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[4]Naberezhnye Chelny Institute (branch) KFU, Naberezhnye Chelny
[1]mo2825@yandex.ru, [2]maleeev@mail.ru, [3]vkstbrus@gmail.com [4]inekaram@yandex.ru

The article describes the developed stand for the study of the energy characteristics of three-phase asynchronous electric motors based on a loading device representing a DC motor with independent excitation, operating from a current source. The stand allows you to apply a static and dynamic load to the shaft of the electric drive motor under study and investigate the electric drive under a load corresponding to the actual operating conditions in the laboratory. The flexibility of the system control algorithm allows a wide range of different tests of three-phase asynchronous electric motors in various operating modes.

Keywords: load stand, measurement of energy characteristics of electric drives with asynchronous three-phase motors, static and dynamic characteristics, energy characteristics of an asynchronous electric motor.

Рост процента труднодобываемой нефти вкупе с повышением цен на электроэнергию, при одновременном нестабильности цен на рынке энергоресурсов требует от предприятий, занимающихся нефтедобычей, постоянного повышения энергоэффективности скважин с целью повышения их рентабельности [3, 4]. При этом, основным способом добычи нефти остается добыча нефти при помощи штанговых насосов, что объясняется их простотой, эффективностью и надежностью. Как минимум две трети фонда действующих добывающих скважин эксплуатируются штанговыми глубинными насосными установками.

При проведении испытаний электрических машин, требуемый объем получаемой информации неуклонно растет, так же усложняется и растет объем работ по обработке результатов испытаний и измерений. Поэтому возникает актуальная задача создания автоматизированных испытательных систем. Применение в таких системах микропроцессорных модулей и цифровых датчиков позволяет в большой мере повысить точность, скорость измерений и объем получаемой информации, а значит и достоверность исследований [1–3]. Очень часто проведение испытаний непосредственно на станках-качалках весьма затруднено и не всегда удается собрать требуемый объем данных [3].

Структурная схема АПК представлена на рис. 1. Функционально АПК можно рассмотреть состоящим из двух частей: нагрузочной части и исследовательской части. Исследовательская часть включает в свой состав: *1* – шкаф управления испытуемым трехфазный асинхронным электродвигателем; *2* – измерительный комплект К-50 для поверки цифровой измерительной системы; *3* – исследуемый трехфазный асинхронный электродвигатель; *8* – блок согласования сигналов, который содержит аналого-цифровой преобразователь, измерительные датчике на основе трансформаторов тока и измерительных каналов фазных напряжений и токового шунта в цепи якоря ДПТ. Нагрузочная часть содержит: *4* – нагрузочный ДПТ с НВ; *5* – шкаф управления нагрузочным электродвигателем; *6* – блок задания нагрузочной характеристики для исследуемого трехфазного асинхронного электрического двигателя. Персональный компьютер *7* служит для программного задания нагрузочной и управления нагрузкой на валу исследуемого трехфазного асинхронного электрического и для сбора, обработки данных.

Нагрузочное устройство разработано на основе электропривода с двигателем постоянного тока с независимым возбуждением, работающего от тиристорного преобразователя SprintElectric 4Q 3600XRI в режиме источника тока. Преимуществом использования такой нагрузки является его линейная механическая характеристика.

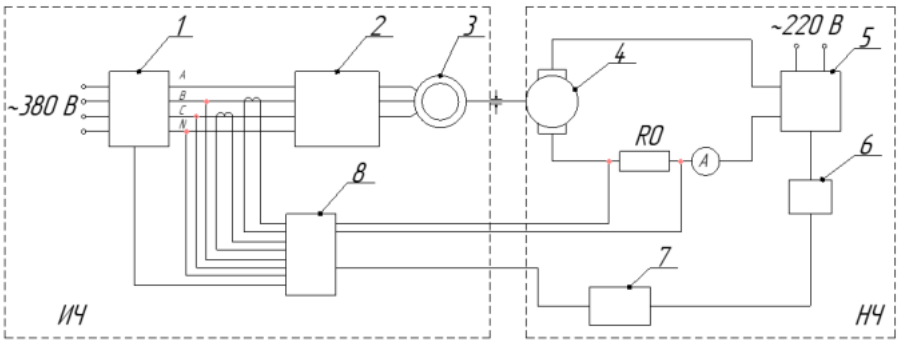


Рис. 1. Структурная схема испытательного стенда

Микроконтроллер обрабатывает полученную информацию и отправляет 12-битный цифровой код на цифро-аналоговый преобразователь ЦАП разделенный на 2 пакета данных по 8 бит по шине данных I^2C, путем сдвиговых битовых операции. Цифро-аналоговый преобразователь своем выходе генерирует аналоговый сигнал заданной величины, который поступает на неинвернитующий вход операционного усилителя ОУ. Выходной сигнал с ОУ поступает на 3-й вывод тиристорного преобразователя на контур формирования тока якоря ДПТ с НВ. Резисторы *R*2–*R*4 образую схему обратной связи для ОУ.

Конденсаторы *C*1, *C*2 служат в качестве фильтров низкой частоты. Питание МК и ЦАП осуществляется по линии 5 В от компьютера. Питание ОУ осуществляется через вывод *1* тиристорного преобразователя Sprint Electric 4Q (рис. 2).

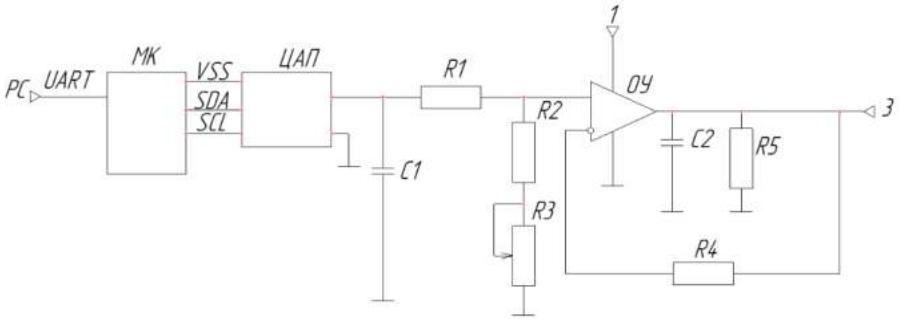


Рис. 2. Принципиальная схема блока задания нагрузочной характеристики

Формирование нагрузочной характеристики производится путем изменения момента на валу ДПТ посредствам изменения тока в якорной цепи согласно функции:

$$M_{\text{ДПТ}} = f(I_{\text{я}}) = \frac{P_{\text{эм ДПТ}}}{w} = k\Phi I_{\text{я}}, \qquad (1)$$

где $P_{\text{эм ДПТ}}$ – электромагнитная мощность ДПТ с НВ; $w = \dfrac{2\pi n}{9{,}55}$ – угловая скорость вращения якоря; k – постоянные коэффициенты двигателя постоянного тока (включает конструктивные особенности двигателя); $I_{\text{я}}$ – ток якоря; Ф – магнитный поток обмотки возбуждения.

Программа для задания точек нагрузочной характеристики, проведения измерений, обработка полученных результатов состоит из двух частей: реализуемым на персональном компьютере и на микроконтроллере. Программной части аппаратно-программного комплекса для персонального компьютера реализованного на языке программирования C#, в рабочей среде .NET Framework 4.7.2, а программная часть для микроконтроллера реализованна на языке программирования C++.

Проведены экспериментальные исследования трехфазного асинхронного электродвигателя с двухслойной комбинированной обмоткой. Нагрузочным сигналом выступал ватметрограмма снятая на станках-качалках ПАО «Татнефть» (рис. 3).

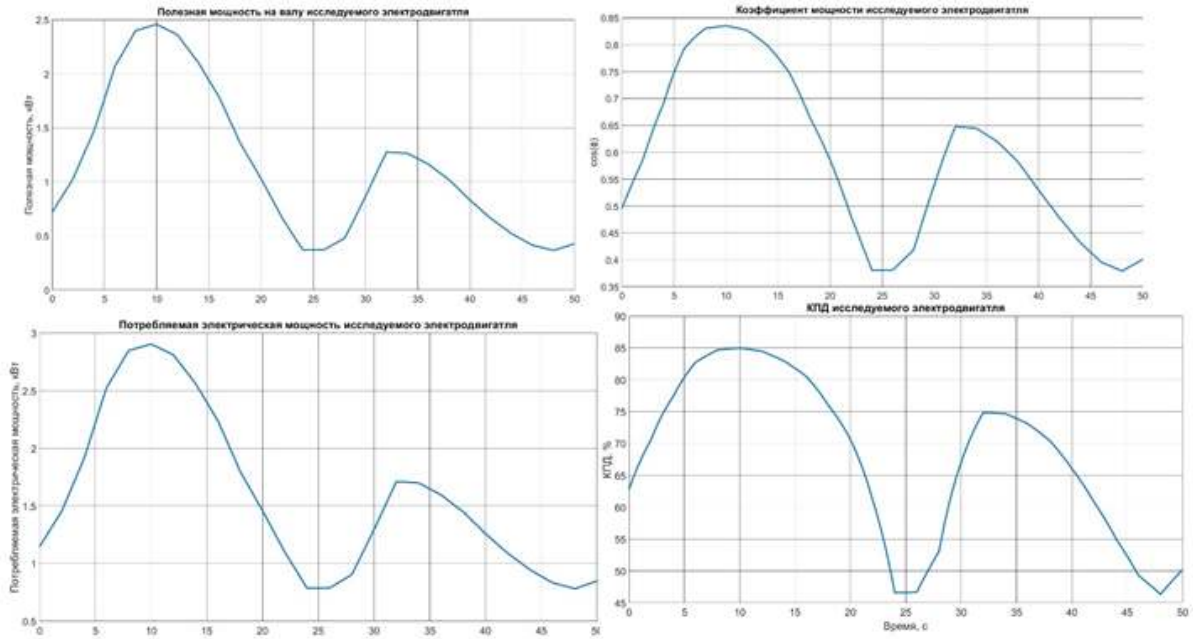


Рис. 2. Результаты экспериментальных данных. Полезная мощность на валу, коэффициент мощности, потребляемая мощность и КПД исследуемого двигателя

По результатам сравнительных испытаний можно судить о достоверности нагрузочной и измерительной части аппаратно-программного комплекса. Относительная погрешность измерительной части данного АПК по результатам испытаний не превышает 2 %, что является прием-

лемым результатом для инженерных вычислений, тестирования алгоритмов управления и проведения исследований с реальными нагрузочными характеристиками в лабораторных условиях.

В результате работы программного обеспечения осуществляется измерение и архивация таких параметров, как: активная мощность, потребляемая электродвигателем в ваттах; реактивная мощность, потребляемая электродвигателем в варах; полная мощность, потребляемая из сети исследуемым электродвигателем в ВА; коэффициент мощности; напряжение на клеммах исследуемого электродвигателя в вольтах; ток нагрузки электродвигателя в амперах; момент на валу электродвигателя; механической мощности электродвигателя; КПД исследуемого электродвигателя.

Источники

1. Автоматизированный стенд для исследования и испытания электроприводов: п. м. 122781 Рос. Федерация № 2012133720/28; заявл. 06.08.2012; опубл. 10.12.2012, Бюл. № 34.

2. Установка для оценки эффективности функционирования асинхронного электропривода: п. м. 129260 Рос. Федерация № 2013107041/28; заявл. 18.02.2013; опубл. 20.06.2013, Бюл. № 6.

3. Испытательный стенд с программно-аппаратным комплексом для исследования электрической машины возвратно-поступательного действия / И.В. Ившин [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2016. № 3-4. С. 105–112.

4. Корнилов В.Ю., Мухаметшин А.И., Цветков А.Н. Система автоматизированного контроля энергетических характеристик асинхронного электропривода штанговых скважинных насосных установок // Нелинейный мир. 2017. № 6. С. 33–39.

6. Бубнов М.В., Зюзев А.М. Модель для тестирования алгоритмов контроля работы ШГНУ в пакете Simscape Multibody // Труды II науч.-техн. конф. молодых ученых Уральского энергетического института. Екатеринбург, 2017. С. 310–313.

7. Система привода и нагружения испытательного стенда для электрических машин возвратно-поступательного действия / Р.Р. Гибадуллин [и др.] // Энергетика Татарстана. Развитие энергетики. 2016. № 1 (41). С. 22–25.

УДК 621.3.077

УСТРОЙСТВО ПЛАВНОГО ПУСКА НА ОСНОВЕ ТРАНЗИСТОРНОГО РЕГУЛЯТОРА НАПРЯЖЕНИЯ С ФОРСИРОВАНИЕМ РЕЖИМОВ РАБОТЫ

Кравчук Артём Алексеевич[1], Гаврилова Светлана Владимировна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «УлГТУ», г. Ульяновск
[1]ak311200@mail.ru

В статье рассмотрены научно-технические решения по реализации устройства плавного пуска на основе транзисторного регулятора напряжения с возможностью форсирования режимов работы.

Ключевые слова: электропривод, устройство плавного пуска, транзисторный регулятор напряжения,.

A SOFT-START DEVICE BASED ON A TRANSISTOR VOLTAGE REGULATOR WITH FORCING OF OPERATING MODES

Kravchuk Artyom Alexeyevich[1], Gavrilova Svetlana Vladimirovna[2]
[1,2]Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk
[1]ak311200@mail.ru

The article discusses scientific and technical solutions for the implementation of a soft-start device based on a transistor voltage regulator with the possibility of forcing operating modes.

Keywords: electric drive, transistor voltage regulator, soft start device.

Наибольшее распространение в промышленности получили трехфазные асинхронные двигатели, что обусловлено их мощностью, простотой обслуживания, надежностью и стоимостью [1]. При пуске асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором возникает ряд проблем, например раскачивание груза при его использовании в грузоподъемных механизмах или ударные нагрузки в случае их применения в конвейерах. В следствии этого оправданным является применение устройств плавного пуска [2]. Они позволяют исключить удары в процессе пуска, снизить нагрузку, создаваемую пусковыми токами на питающую сеть, повысить срок эксплуатации электропривода и исполнительного механизма [3].

Реализацию форсирования режимов работы асинхронного двигателя предлагается осуществить при помощи исполнения устройства плавного пуска в виде трехфазного выпрямительного моста, к которому подключены концы обмоток статора АД. Полярные выходы трехфазного выпрямительного моста через транзисторы подключены к нулевому проводу

питающего напряжения и к питающему напряжению через полярные выходы другого диодного моста. Точки подключения трехфазного выпрямительного моста к концам обмоток статора подключены также к нулевому проводу через *RC*-цепи [4]. На рис. 1. приведена схема асинхронного электропривода, оснащенного описанным устройством.

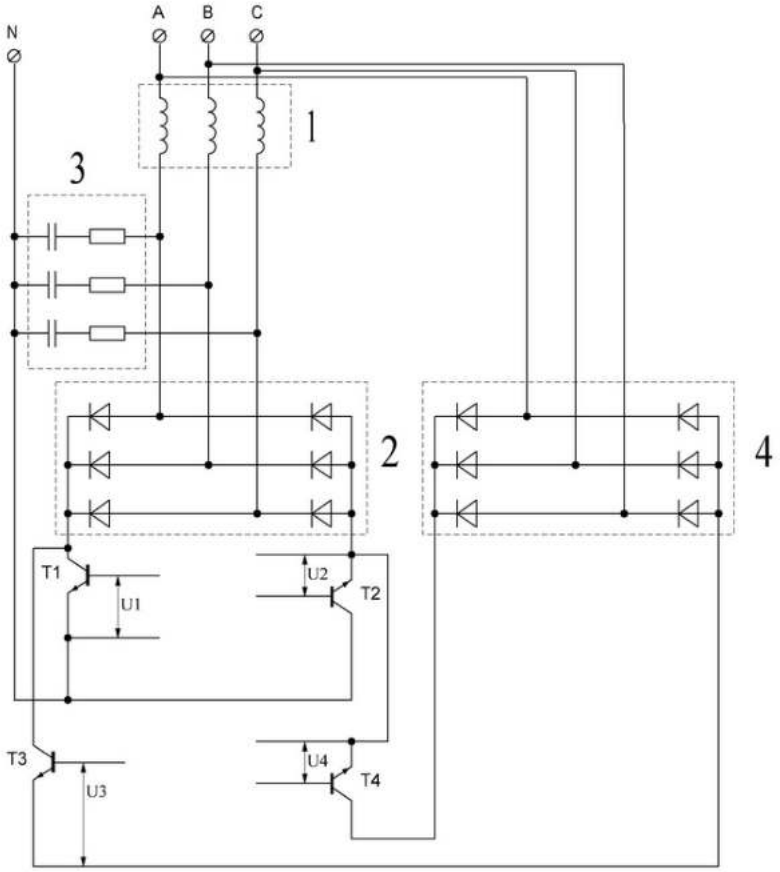


Рис. 1. Схема асинхронного электропривода с возможностью форсирования режимов работы

Питающее напряжение подключено к обмоткам статора электродвигателя *1*. Концы статорных обмоток асинхронного двигателя подключены к трехфазному выпрямительному мосту *2*, полярные выходы которого подключены к транзисторам *T*1–*T*4, работающим в ШИМ-режиме. Транзисторы *T*1 и *T*2 подключены к нулевому проводу питающего напряжения [5]. Транзисторы *T*3 и *T*4, подключены к полярным выходам трехфазного выпрямительного моста *4*, который подключен к питающему напряжению. Начальные точки обмоток статора также подключены к нулевому проводу через *RC*-цепи *3*, которые осуществляют функцию снижения коммутационных перенапряжений. При подаче синхронных и равных по длительности

сигналах ШИМ осуществляется плавный пуск асинхронного двигателя (рис. 2, *а*). При синхронных и не равных по длительности сигналах осуществляется форсированное динамическое торможение двигателя (рис. 2, *б*).

а *б*

Рис. 2. Диаграммы управляющих сигналов на транзисторах

Предлагаемое устройство уменьшает бросок тока за счет плав-ного изменения напряжения статорных обмоток, что зависит от ШИМ-сигнала, подающегося на транзисторы, и обеспечивает плавный пуск асинхронного двигателя. Описанное устройство плавного пуска работает следующим образом. При подключении обмотки статора двигателя *1* к питающему напряжению на выходе трехфазного выпрямительного моста *2* появляется постоянное напряжение, которое подается на транзисторы *Т*1–*Т*4, управление которыми осуществляется ШИМ-сигналами.

Источники

1. Смолев Д.В. Плавный пуск однофазного асинхронного двигателя // Достижения науки и образования. 2018. Т. 1, № 8 (30). С. 15–19.

2. Соколов И.А. Влияние устройств плавного пуска асинхронных электродвигателей на работу системы электроснабжения // Вестник КузГТУ. 2016. № 3 (115). С. 72–79.

3. Переверзев С.С. Устройство плавного пуска для нерегулируемых асинхронных электроприводов на полностью управляемых силовых полупроводниковых приборах // Вестник КузГТУ. 2005. № 2. С. 30–33.

4. Доманов В.И., Доманов А.В., Муллин И.Ю. Система регулирования в автоматизированных сталеплавильных печах // Информационно-вычислительные технологии и их приложения: матер. XII Междунар. науч.-техн. конф. Пенза, 2010. 210 с.

5. Доманов В.И., Муллин И.Ю., Холявко А.О. Синтез системы управления грузоподъемными механизмами // Известия Самарского научного центра РАН. 2014. Т. 16, № 4-3. С. 538–541.

УДК 621.184.85

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛООБМЕННЫМИ АППАРАТАМИ

Крылов Григорий Александрович[1], Гаврилова Светлана Владимировна[2]
ФГБОУ ВО «УЛГТУ», г. Ульяновск
[1]krgrwork@mail.ru, [2]s.gavrilova.1990@mail.ru

В статье производится автоматическая система для контроля работоспособности и управления двумя параллельно включенными и равными по производительности теплообменными аппаратами. Система может быть реализована как в виде отдельного устройства, так и в виде программы на контроллер электроавтоматики. Она применима как в составе котельных, так и в составе тепловых пунктов.

Ключевые слова: теплообменные аппараты, тепловой пункт, контроль, управление, тепловая автоматика, датчик давления, датчик температуры, электромагнитный клапан.

MANAGEMENT AND CONTROL SYSTEM FOR HEAT EXCHANGERS

Krylov Grigory Alexandrovich[1], Gavrilova Svetlana Vladimirovna[2]
Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk
[1]krgrwork@mail.ru, [2]s.gavrilova.1990@mail.ru

The article produces an automatic system for monitoring the performance and control of two heat exchangers connected in parallel and equal in performance. The system can be implemented both as a separate device and as a program for an electric automation controller. It is applicable both as part of boiler rooms and as part of heat points.

Key words: heat exchangers, heat point, control, management, thermal automation, pressure sensor, temperature sensor, electromagnetic valve.

В котельных, отпускающих тепловую энергию на покрытие нужд отопления и горячего водоснабжения, а также в индивидуальных тепловых пунктах используются теплообменные аппараты. Существует типовая тепловая схема таких систем, использующая два равных по производительности теплообменных аппарата [1]. Теплообменные аппараты, ввиду особенности своей конструкции могут засоряться. В этом случае теплопередача аппарата понижается, повышается давление на подводящем трубопроводе к теплообменному аппарату и понижается давление на отводящем трубопроводе. Это ведет к Перегреву элементов, принимающих тепловую энергию, что в конечном итоге ведет к их деформации и последующему выходу из строя всей установки [2].

Статьей предлагается автоматическая система управления и контроля работоспособности описанной системы. Она содержит следующие элементы: восемь электромагнитных клапанов, осуществляющих в автоматическом режиме включением в работу и отключением теплообменного аппарата, четыре датчика температуры для контроля теплопередачи теплообменного аппарата, а также восемь датчиков давления для контроля перепада давления на входе и выходе теплообменников. Расположение исполнительных устройств и датчиков системы представлено на рис. 1.

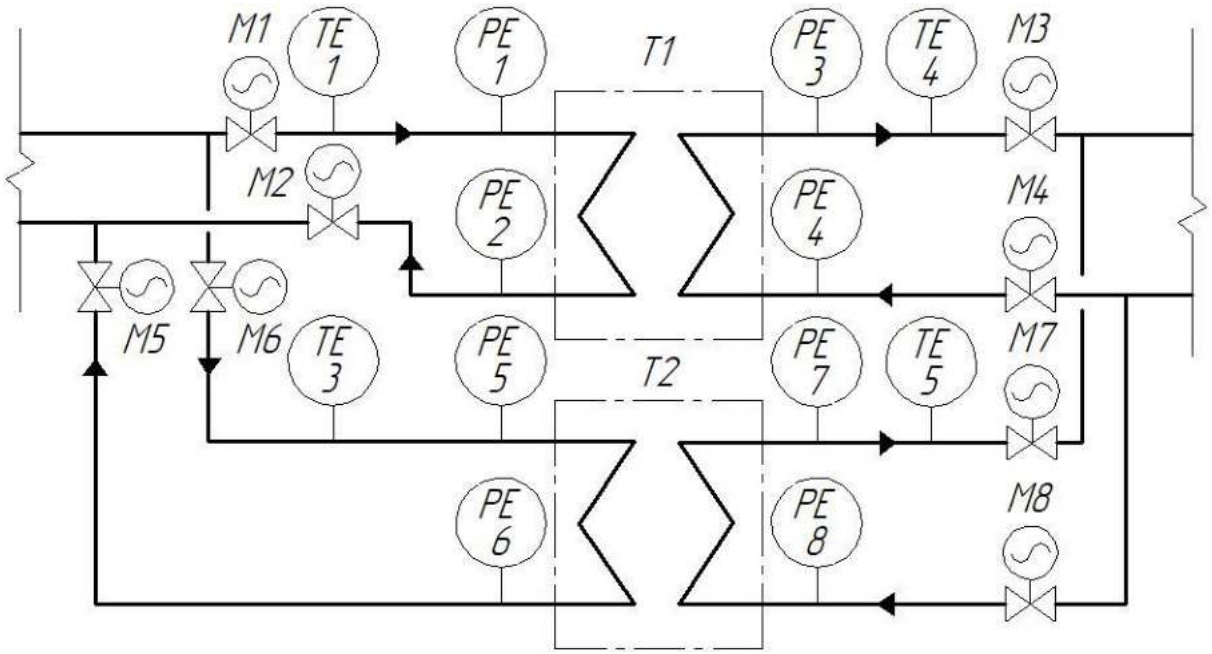


Рис. 1. Схема расположения исполнительных устройств и датчиков

Сигнал с датчиков давления, устанавливаемых на входе в теплообменный аппарат, вычитается, полученная разность сравнивается с величиной уставки. В случае, если разность превышает уставку, то вырабатывается аварийный сигнал, который фиксируется при помощи триггера. Таким же образом обрабатываются сигналы от температурных датчиков. Все аварийные сигналы поступают на блок логического сложения. С данного блока сигнал выводится на индикацию. Далее система работает следующим образом: первый теплообменный аппарат включается в работу в случае, если нет сигнала аварии от датчиков, установленных перед ним и после него, а также в случае, если не включен в работу второй теплообменный аппарат. Этот принцип реализуется на логическом элементе «И-НЕ». Структурная схема системы представлена на рис. 2.

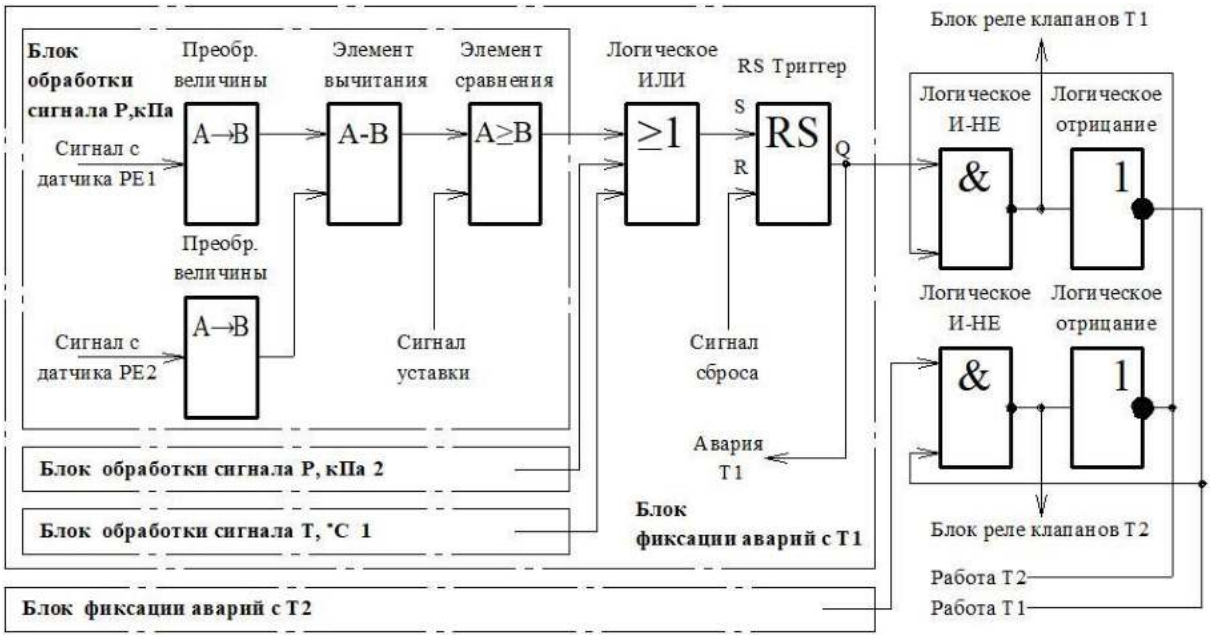


Рис. 2. Структурная схема системы управления

Электромагнитные клапаны открываются или закрываются в зависимости от значения сигнала на выходе данного логического элемента. Также сигнал поступает на индикацию. Таким образом теплообменные аппараты работают поочередно, до аварии. В случае возникновения аварийной ситуации соответствующий теплообменный аппарат отключается и включается в работу второй теплообменный аппарат.

Источники

1. Карауш С.А. Теплогенерирующие установки систем теплоснабжения: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направ-лению «Строительство». Томск: Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2003. С. 91.

2. Причины преждевременного разрушения теплообменных труб энергетического оборудования / В.М. Кушнаренко [и др.] // Вестник казанского государственного энергетического университета. 2021. Т 13, № 1. С. 75–84.

УДК 681.511.4.015

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Малёв Николай Анатольевич
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
maleeev@mail.ru

В работе рассматривается метод определения коэффициентов дифференциальных уравнений линейных либо линеаризованных электромеханических систем. Проверка работоспособности метода произведена с применением Simulink-модели для определения параметров апериодического звена первого порядка. Сформулированы условия применимости метода и характерные особенности его реализации.

Ключевые слова: математическая модель, электромеханическая система, Simulink-модель, коэффициенты дифференциальных уравнений.

WORKABILITY STUDY OF THE METHOD DEFINITIONS OF PARAMETERS MATHEMATICAL MODELS OF ELECTROMECHANICAL SYSTEMS

Malev Nikolay Anatolievich
Kazan State Power Engineering University, Kazan
maleeev@mail.ru

The paper considers a method for determining the coefficients of differential equations of linear or linearized electromechanical systems. The workability of the method was tested using a simulink-model to determine the parameters of the first-order aperiodic link. The conditions for the applicability of the method and the characteristic features of its implementation are formulated.

Keywords: mathematical model, electromechanical system, simulink-model, coefficients of differential equations.

Простейший путь определения коэффициентов дифференциальных уравнений (параметров математической модели) электромеханической системы, структура которой априорно известна, состоит в измерении значений входных и выходных координат системы и их производных в дискретные моменты времени $\overline{t_1, t_N}$ с последующим получением системы линейных алгебраических уравнений относительно искомых коэффициентов [1, 2]. Однако наличие ошибок измерений и стохастический

характер изменения координат объекта исследованиям приводит к низкой точности определения параметров. Метод предполагает интегрирование каждого члена исходного дифференциального уравнения системы q раз, где q – порядок старшей производной выходной координаты, которую можно измерить с требуемой точностью [3].

Линейная электромеханическая система описывается дифференциальным уравнением:

$$\frac{d^n y(t)}{dt^n} + a_{n-1}\frac{d^{n-1}y(t)}{dt^{n-1}} + ... + a_1\frac{dy(t)}{dt} + a_o y(t) =$$

$$= K\left(\frac{d^m x(t)}{dt^m} + b_{m-1}\frac{d^{m-1}x(t)}{dt^{m-1}} + ... + b_1\frac{dx(t)}{dt} + b_o x(t)\right), \quad (1)$$

а при нулевых начальных условиях передаточной функцией

$$W(s) = K\frac{s^m + b_{m-1}s^{m-1} + ... + b_1 s + b_0}{s^n + a_{n-1}s^{n-1} + ... + a_1 s + a_0}(m \le n). \quad (2)$$

Проинтегрируем (1) n раз и запишем:

$$y(t) + a_{n-1}\int_0^t y(t)dt + ... + a_1\int_0^t ...\int_0^t y(t)(dt)^{n-1} + a_o\int_0^t ...\int_0^t y(t)(dt)^n =$$

$$= K\left(\int_0^t ...\int_0^t x(t)(dt)^{n-m} + b_{m-1}\int_0^t ...\int_0^t x(t)(dt)^{n-m+1} + ... + b_0\int_0^t ...\int_0^t x(t)(dt)^n\right). \quad (3)$$

При нулевых начальных условиях из (3) можно определить необходимые параметры. Так, коэффициент передачи

$$K = \frac{y(t) + a_{n-1}\int_0^t y(t)dt + ... + a_1\int_0^t ...\int_0^t y(t)(dt)^{n-1} + a_o\int_0^t ...\int_0^t y(t)(dt)^n}{\int_0^t ...\int_0^t x(t)(dt)^{n-m} + b_{m-1}\int_0^t ...\int_0^t x(t)(dt)^{n-m+1} + ... + b_0\int_0^t ...\int_0^t x(t)(dt)^n}. \quad (4)$$

Подобным образом записываются выражения для любых нулей и полюсов исследуемой системы.

Проверим работоспособность метода на примере системы первого порядка с передаточной функцией $W(s)=\frac{K}{s+a}$.

Интегрируя соответствующее дифференциальное уравнение:

$$\frac{dy(t)}{dt}+ay(t)=Kx(t),$$

запишем:

$$y(t)-y(0)+a\int_0^t y(t)dt=K\int_0^t x(t)dt. \qquad (4)$$

Решим (4) относительно коэффициента передачи K и полюса a:

$$K=\left.\frac{a\int_0^t y(t)dt+y(t)}{\int_0^t x(t)dt}\right|_{y(0)=0};\quad a=\left.\frac{K\int_0^t x(t)dt-y(t)}{\int_0^t y(t)dt}\right|_{y(0)=0}. \qquad (5)$$

Simulink-модель объекта исследования при K = 5, a = 4 и выражений (5), а также результаты моделирования показаны на рис. 1 и 2.

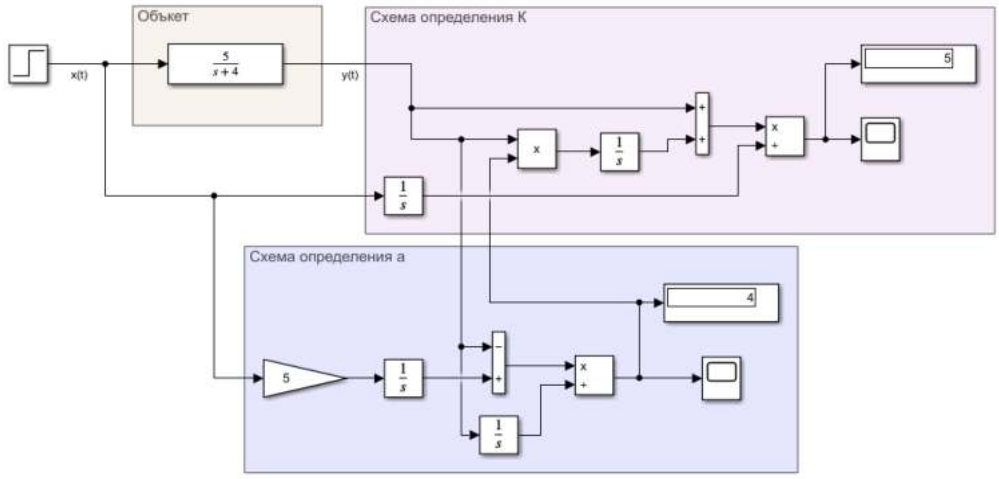


Рис. 1. Simulink-модель объекта исследования первого порядка

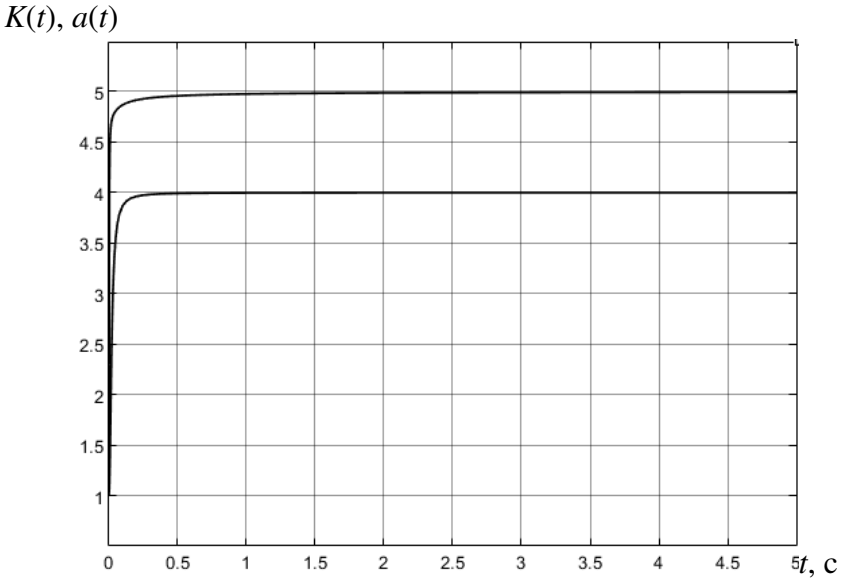


Рис. 2. Зависимости $K(t)$, $a(t)$

Анализ полученных зависимостей позволяет сделать вывод о высоких быстродействии и точности метода, однако для его реализации необходимым условием является задание одного из искомых параметров (в данном случае коэффициента передачи $K = 5$ в схеме определения a). В противном случае совместное решение уравнений (5) невозможно. Данное обстоятельство существенно ограничивает применение метода либо предполагает его использование в совокупности с другими методами.

Представляет интерес исследование рассмотренного выше метода определения параметров электромеханических систем совместно с алгоритмом определения общего коэффициента передачи электропривода на основе инверсной модели [4].

Источники

1. Методы классической и современной теории автоматического управления: учеб. в 5 т. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. Т. 1: Математические модели, динамические характеристики и анализ систем автоматического управления / под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. 654 с.

2. Методы классической и современной теории автоматического управления: учеб. в 5 т. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. Т. 4: Теория оптимизации систем автоматического управления / под ред. К.А. Пупкова и Н.Д. Егупова. 741 с.

3. Malev N.A., Mukhametshin A.I., Pogoditsky O.V. Analysis and Study of the Dynamic Processes of a Permanent Magnet Synchronous Motor with a Wide Range of Parameter Variations Using the Reference Model [Электронный ресурс] // Proc. of the International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). Vladivostok, 2019. URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/8934216 (дата обращения: 23.10.2022).

4. Алгоритм параметрической идентификации электропривода постоянного тока с применением инверсной модели / Н.А. Малёв [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 6. С. 119–133.

УДК 621.314

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНЕРЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕХАТРОННОГО МОДУЛЯ ДВИЖЕНИЯ АППАРАТА ВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ГАЗА

Масков Линар Рамильевич[1], Корнилов Владимир Юрьевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]maskov.linar@mail.ru, [2]vkstbrus@gmail.com

В статье предложена расчетно-экспериментальная методика определения инерционных характеристик для мехатронного модуля движения (ММД) аппарата воздушного охлаждения (АВО), используемого на газовых промыслах. Произведен цикл экспериментов по определению кривой самоторможения электропривода ММД АВО газа серии ВАСО4-37-24 с композитным стеклопластиковым рабочим колесом типа ГАЦ-50-4М2 в режиме свободного выбега. Осуществлено моделирование прямого пуска для электропривода ММД АВО газа с рабочим колесом типа ГАЦ-50-4М2 в программном комплексе MATLAB/SIMULINK.

Ключевые слова: аппарат воздушного охлаждения газа, кривая самоторможения, момент инерции, рабочее колесо, расчетно-экспериментальная методика.

METHOD FOR DETERMINING THE INERTIAL CHARACTERISTICS OF THE MECHATRONIC MOTION MODULE OF THE GAS AIR COOLING APPARATUS

Maskov Linar Ramilevich[1], Kornilov Vladimir Yurievich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]maskov.linar@mail.ru, [2]vkstbrus@gmail.com

The article proposes a computational and experimental method for determining inertial characteristics for the mechatronic motion module (MMM) of the air cooling devices (ACD) used in gas fields. A cycle of experiments was carried out to determine the self-braking curve of the MMM ACD gas electric drive of the VASO4-37-24 series with a composite fiberglass impeller of the GATS-50-4M2 type in the free run mode. Simulation of direct start for the MMM ACD gas electric drive with an impeller of the GATC-50-4M2 type in the MATLAB/SIMULINK software package has been carried out.

Keywords: gas air cooling device, self-braking curve, moment of inertia, impeller, computational and experimental methodology.

Электротехнический комплекс (ЭТК) газового промысла является сложной технической системой, состоящей из нескольких подсистем. Одной из подсистем является установки, применяемые для охлаждения природного газа, где применяются мехатронные модули движения (ММД), состоящие из групп аппаратов воздушного охлаждения газа (АВО) с электроприводными вентиляторами [1]. Повышение эффективности ЭТК

установок охлаждения газа является актуальным научно-техническим направлением [2–4], наибольший вклад, в развитие которого внесли отечественные авторы: И.И. Артюхов, И.И. Аршакян, В.А. Шабанов, В.В. Пашкин и др.

Целью исследования является создание системы автоматизированного управления и разработка методических рекомендаций по совершенствованию ЭТК АВО. Одной из задач исследования является создание компьютерной модели ЭТК АВО максимально приближенной к реально существующему объекту. В качестве прототипа был взят многополюсный асинхронный двигатель серии ВАСО4-37-24 с композитным стеклопластиковым рабочим колесом типа ГАЦ-50-4М2, установленный на одном из объектов ООО «Газпром добыча Ямбург». Моделирование и анализ энергетической эффективности производились для ЭТК АВО в программной среде MATLAB/SIMULINK, по каталожным (паспортным) данным отдельных элементов ЭТК. В результате была создана модель ЭТК ММД АВО газа с помощью, которой были проанализированы электромеханические характеристики [5].

Инерционные характеристики рабочего колеса типа ГАЦ-50-4М2 были рассчитаны приближенным и графоаналитическим методом. Произведен цикл экспериментов по определению кривой самоторможения электропривода ММД АВО с помощью бесконтактного тахометра с последующим определением момента инерции графоаналитическим методом. Получена математическая функция, описывающая зависимость скорости свободного выбега от времени. Осуществлено моделирование прямого пуска для электропривода ММД АВО газа с рабочим колесом типа ГАЦ-50-4М2 в программном комплексе MATLAB/SIMULINK.

Разработанная расчетно-экспериментальная методика для определения инерционных характеристик ММД АВО газа позволит повысить достоверность оценки момента инерции рабочих колес АВО газа и, как следствие, подтвердит адекватность предложенной имитационной модели, что в конечном счете повысит качество создаваемой системы автоматизированного управления ЭТК АВО.

Источники

1. Масков Л.Р., Корнилов В.Ю. Анализ структуры и энергетических параметров электротехнического комплекса газового промысла № 1 ООО «Газпром добыча Ямбург» // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 6. С. 66–86.

2. Аршакян И.И. Повышение эффективности электротехнических комплексов установок охлаждения газа: дис. ... канд. техн. наук. Саратов, 2004. 160 с.

3. Ресурсосберегающая технология охлаждения газа на компрессорных станциях / И.И. Артюхов [и др.] // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2011. Т. 1, № 3 (54). С. 25–32.

4. Фофонов Ю.А., Житенев А.И. Обзор методов повышения энергоэффективности эксплуатации АВО газа на компрессорной станции // Гидравлические машины и системы транспортировки нефти и газа: сб. науч. тр. / редкол.: С.Г. Валюхов [и др.]. Воронеж, 2019. С. 52–59.

5. Масков Л.Р., Корнилов В.Ю. Разработка модели электротехнического комплекса для аппаратов воздушного охлаждения газа газового промысла № 1 ООО «Газпром добыча Ямбург» с централизованной системой электроснабжения в программе MatLAB/Simulink // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 2. С. 50–71.

УДК 621.3.04

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ

Найдышева Алина Антоновна[1], Халфина Гульназ Ильдаровна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань
[1]chichikovnedurak@mail.ru, [2]khalfina2000@mail.ru

В данной работе представлена методика проектирования синхронного электродвигателя с постоянными магнитами на базе сердечника статора асинхронного электродвигателя с применением имитационного моделирования в программном комплексе ELCUT. Данная методика позволяет упростить и повысить точность ручного расчета картины магнитного поля благодаря его замене на компьютерный.

Ключевые слова: методика, синхронный электродвигатель с постоянными магнитами, энергетические величины, программный комплекс ELCUT.

DESIGN TECHNIQUE FOR A SYNCHRONOUS MOTOR WITH PERMANENT MAGNETS

Naydysheva Alina Antonovna[1], Khalfina Gulnaz Ildarovna[2]
[1,2]KNRTU-KAI, Kazan
[1]chichikovnedurak@mail.ru, [2]khalfina2000@mail.ru

This paper presents a method for designing a synchronous electric motor with permanent magnets based on the stator core of an induction motor using simulation modeling in the ELCUT software package. This technique makes it possible to simplify and improve the accuracy of manual calculation of the magnetic field pattern due to its replacement by a computer one.

Keywords: technique, synchronous electric motor with permanent magnets, energy quantities, ELCUT software package.

За последние два десятилетия синхронные двигатели с постоянными магнитами находят все более широкое применение на крупном производстве. Использование магнитных систем в электродвигателе позволяет уменьшить потери, и, как следствие, увеличить КПД, по сравнению с асинхронными машинами. Широкий ряд преимуществ также включает в себя высокий показатель отношения максимального допустимого момента к моменту инерции; лучшие массогабаритные показатели, что характеризуется высоким отношением номинальной мощности к массе двигателя [1]. Однако, не смотря на вышеперечисленные достоинства, практические требования отодвигают основные методики расчета синхронных машин

с постоянными магнитами, несовершенство которых неимоверно приводит к техническим затруднениям и нежелательному расходу магнитных материалов, а также добавлению массы системе. Таким образом, задача уточнения, а также упрощения на каждом этапе метода проектирования синхронного электродвигателя актуальна и требует рационального решения.

Как и все типы машин, синхронные электродвигатели с постоянными магнитами проектируются в несколько этапов:

1. Определение основных параметров проектируемой машины.

2. Определение материала источника магнитного поля возбуждения. В настоящее время набольшую популярность имеют рит-бариевые и редкоземельные постоянные магниты, имеющие практически прямолинейную кривую размагничивания [2].

3. Определение обмоточных данных.

4. Определение переменных энергетических величин. К таким переменным относятся: удельная магнитная нагрузка, удельная электрическая нагрузка, магнитная индукция в воздушном зазоре, плотность потока ярма статора и ротора, плотность потока зубца статора, отношение осевой длины к шагу полюсов, остаточная магнитная индукция. Для машин с большим количеством полюсов, низкого напряжения и низкой частоты переменный ток может быть увеличен до 20 %. Правильное значение переменного тока для синхронного двигателя с постоянными магнитами находится в диапазоне от 8 000 до 30 000 А/м. Среднее значение магнитной индукции B_{av} ограничивается главным образом насыщением и потерями в сердечнике. Для рассматриваемой машины корректное значение B_{av} варьируется от 0,45 до 0,8 Тл [3].

5. Определение габаритов, воздушного зазора, размеров магнитов, пазов.

6. Вычисление потерь в меди и в железе. Следует учитывать, что высокоскоростное вращение влечет за собой изменение общепринятого баланса потерь между потерями в железе и в меди. По этой причине высокоскоростные машины, как правило, проектируются с малым числом полюсов и из тонколистового железа толщиной от 0,2 мм до 0,35 мм [4].

7. Имитационное моделирование. На данном этапе предлагается замена метода индукционных трубок использованием программного комплекса ELCUT. Как правило, основным методом расчета магнитопровода электродвигателя для определения размеров отдельных его участков, кривой намагничивания, намагничивающей составляющей тока

холостого хода, степени «уплощения» кривой поля в зазоре, а также формы кривой поля при определении силы одностороннего магнитного притяжения является метод индукционных трубок [5]. Для более точного и менее трудоемкого составления картины магнитного поля электродвигателя предлагается построение имитационной модели синхронной машины с постоянными магнитами и применение метода конечных элементов. Преимущество данного метода заключается в том, что он позволяет использовать произвольные формы, произвольные граничные условия и сложные или распределенные источники практически без дополнительных усилий. Процедуру проектирования можно резюмировать следующим образом:

1) построение сечения электродвигателя согласно рассчитанным данным;

2) назначение материалов и границ;

3) выполнение операции с сеткой;

4) настройка анализа для решения;

5) извлечение выходных данных и графиков.

Таким образом, данный метод проектирования синхронного электродвигателя с постоянными магнитами с применением программного комплекса ELCUT позволяет значительно сократить расчеты и повысить их точность.

Источники

1. Нго Фыонг Ле. Расчет индуктивностей синхронного двигателя с инкорпорированными постоянными магнитами // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2017. Т. 60, № 2. С. 133–146.

2. Арнольд Р.Р. Расчет и проектирование магнитных систем с постоянными магнитами. М.: Энергия, 1969. 184 с.

3. Hamdi E.S. Design of Small Electrical Machines. John Wiley & Sons, 1994. 272 p.

4. Thelin P., Nee H.P. Suggestions regarding the pole-number of inverter-fed PM-synchronous motors with buried magnets // Proc/ of the 7th International Conference on Power Electronics and Variable Speed Drives. London, 1998. Vol. 456. Pp. 544–547.

5. Pyrhonen J., Hrabovcova V. Design of Rotating Electrical Machines. John Wiley & Sons, 2008. 538 p.

УДК 796:004:620.9

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЗАРЯДНО-НАКОПИТЕЛЬНЫХ ТЕРМИНАЛОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Никифорович Арина Андреевна[1], Зарипова Римма Солтановна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[2]zarim@rambler.ru

В настоящее время тема экологии становится популярной и актуальной. Использование тренажеров-генераторов электроэнергии поможет не только сэкономить огромные суммы денежных средств на потребление энергии, но и принесёт пользу для природы.

Ключевые слова: тренажер, генератор, фитнес, сетевая компания, ТЭЦ, спорт, электричество, электромобили, экология, энергия, элемент питания.

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF THE APPLICATION OF CHARGING AND STORAGE TERMINALS OF ELECTRIC VEHICLE ENERGY INFRASTRUCTURE

Nikiforovich Arina Andreevna[1], Zaripova Rimma Soltanovna[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[2]zarim@rambler.ru

At present the theme of ecology is becoming popular and relevant. The use of simulator-generators of electricity will not only help to save huge sums of money on energy consumption, but also bring benefits for the nature.

Keywords: simulator, generator, fitness, grid company, CHP, sports, electricity, electric cars, ecology, energy, power cell.

В настоящее время социальные и экологические последствия экономического роста становится все более очевидными. Экологическая ситуация на нашей планете с каждым годом ухудшается. Поэтому важнейшей задачей человечества на данном этапе развития является поиск более устойчивого и рационального способа производить, потреблять и существовать. То есть концепция устойчивого развития и все вытекающие из нее идеи становится всё более и более актуальной. Данная концепция находит свое применение в стратегии «зеленого» маркетинга, где требуется постоянный поиск баланса между экономическим ростом и защитой окружающей среды.

Изучая работу компаний различных отраслей, большой интерес вызвала работа сетевой компании [1]. В частности, её станции быстрой зарядки электромобилей, использующие в своей работе электричество, поставляемое от станций ТЭЦ, которые в свою очередь работают на мазуте, природном газе и угле, а также их работа сопровождается вредными выбросами в атмосферу. Был поставлен вопрос – можно ли поставлять электричество более экологичным способом?

Решая этот вопрос, возникла следующая идея: использовать энтузиазм людей, которые занимаются в спортзалах [2]. На мировом рынке с 2013 г. существуют тренажёры, которые преобразуют кинетическую энергию человека в электрическую [3]. Мы предлагаем сетевой компании сделать обычный фитнес-центр, но использовать в нём тренажёры, которые подключаются к станциям зарядки электромобилей. А клиентами зала станут люди, которых беспокоят проблемы окружающей среды и которые решат таким образом помочь природе и решить экологические задачи.

Проанализируем благоприятное влияние такого спорткомплекса на компанию по системе ESG. Рассматривая экологический сегмент, мы замечаем, что спорткомплекс является не только источником альтернативной энергии, но и центром для поддержки здоровья населения. Со стороны социального сегмента компании предлагается предоставлять своим сотрудникам абонемент на поход в такой фитнес-центр, тем самым предоставляя не только способ взаимодействия с коллегами вне работы, но и возможность развития тела [4].

Рассмотрим более подробно данный проект. Компания Sport Art уже разработала тренажёры, которые способны вырабатывать электричество. Сейчас в связи с санкциями цена на такие тренажёры порядком возросла [5]. Тем самым создались условия, когда необходимо разработать аналоги и запустить их в массовое производство [6]. Задумка такого фитнес-центра в том, что тренажёры, которые в нём находятся, подключаются к аккумуляторам, накапливающим электроэнергию. Эти аккумуляторы подключены к станциям зарядки электромобилей. Таким образом человек может крутить педали на электротренажёре, а его кинетическая энергия будет накапливаться и через какое-то время поступать в электромобиль.

Перейдём на язык цифр. Тренажёр вырабатывает около 200 Вт в час. В среднем тренажёр работает 8 часов в день. В фитнес-центре порядка 20 тренажеров. Электромобиль примерно требует для зарядки 40 кВт.

Зал тренажёров вырабатывает 32 кВт в день. Уже сейчас в России количество электромобилей насчитывает 12 290 штук. На каждые 100 км пути потребуется около 30 кВт/ч.

У данного предложения имеются положительные стороны. Энергия, вырабатываемая людьми будет накапливаться в аккумуляторах и поставляться в станции зарядки электромобилей, тем самым частично заменяя энергию, которую поставляют с ТЭЦ. Таким образом, разработка не только увеличит ESG-показатели сетевой компании, но и положительно будет влиять на экологию и здоровье населения. Учитывая популяризацию электрозаправок и прогнозы на 2024 год, данный проект можно использовать не только в отношении одной компании, но и массово.

Источники

1. Силкина О.Ю., Зарипова Р.С. «Зелёная экономика» как современный способ развития // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2022. № 3 (29). С. 43–45.

2. Никитина У.О., Зарипова Р.С. Влияние гаджетов на физическую активность студентов // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2019. Т. 11, № 3-2. С. 50–53.

3. Басаргин В.Я., Зарипова Р.С., Пырнова О.А. Влияние цифровых технологий на урбанизацию // Цифровая культура открытых городов: матер. Междунар. науч.-практ. конф. Екатеринбург, 2018. С. 13–15.

4. Сиразева А.Л., Зарипова Р.С. Экологическая эффективность производства из различных источников сырья / Бутаковские чтения: сб. матер. I Всерос. с междунар. участием молодежной конф. Томск, 2021. С. 404–408.

5. Антипова Т.С., Зарипова Р.С. Основные направления импортозамещения в сфере информационных технологий в условиях санкций / Инновационное развитие экономики. Будущее России: матер. и докл. VI Всерос. (нац.) науч.-практ. конф. 2019. С. 142–145.

6. Зарипова Р.С., Алемасов Е.П. Применение алгоритмов и программных приложений в спорте // Физическая культура, спорт, туризм: наука, образование, информационные технологии: матер. Всерос. (с междунар. участием) заоч. науч.-практ. конф. Казань, 2022. С. 486–490.

УДК 621.313

УПРОЩЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ BM1418 ZXF

Петров Тимур Игоревич[1], Басенко Василий Романович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]tobac15@mail.ru, [2]vasiliybas123@mail.ru

При топологической оптимизации полной модели синхронного двигателя расчет может составить более 100 дней, что технически труднореализуемо, поэтому необходимо упрощать модель. Про данные упрощения и указано в докладе, и представлены результаты модернизированного расчета.

Ключевые слова: синхронный двигатель с постоянными магнитами, топологическая оптимизация, вращающий момент.

SIMPLIFICATIONS USED IN THE TOPOLOGICAL OPTIMIZATION OF A PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MOTOR BM1418 ZXF

Petrov Timur Igorevich[1], Basenko Vasily Romanovich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]tobac15@mail.ru, [2]vasiliybas123@mail.ru

With topological optimization of a complete model of a synchronous motor, the calculation can take more than 100 days, which is technically difficult to implement, so it is necessary to simplify the model. These simplifications are both indicated in the report and the results of the upgraded calculation are presented.

Keywords: permanent magnet synchronous motor, topological optimization, torque.

Для проведения топологической оптимизации [1,2] приобретены СДПМ мощностью BM1418 ZXF со следующими параметрами:

– 350 Вт, 48 В;

– КПД > 75 %;

– 40×40×30 см, 12 кг;

– номинальная частота вращения – 450 об/мин;

– номинальная вращающий момент – 7 Н·м;

– номинальный ток загрузки – 9,4 А.

Данный двигатель используется в электротранспорте небольшой мощности (электроциклы, грузовые скутеры и др.).

Ротор данного двигателя имеет поверхностное расположение магнитов, конструкция представлена на рис. 1.

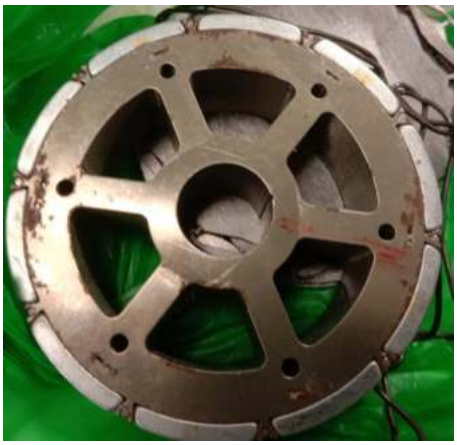


Рис. 1. Ротор с поверхностным расположением магнитов

Геометрическая модель загружается в Elcut для проведения электромагнитных расчетов [3–5], для полной нагрузки момент равен 7,27 Н·м, отклонение от значения производителя составило 3,8 %. Отклонение в пределах нормы, геометрическую модель можно считать верифицированной. Для 45 % (200 об/мин) от номинальной частоты вращения момент составил 3,69 Н·м; для 25 % (110 об/мин) от номинальной частоты вращения – 1,89 Н·м.

Время расчёта для одной модели составило 110 с, количество узлов сетки равно 928 385 элементам. Время расчета полной итерации одного шага ГА составляет 150 с, время проведения полной КТО при наименьшей популяции и многопоточном расчете составит 12 дней, следовательно, модель необходимо упрощать, для этого необходимо снизить время расчетов и количество исходных ячеек для материалов ротора СДПМ, решением может стать модификация геометрической модели, которая включает в себя уменьшение модели до определенного сектора, упрощение геометрических форм элементов СДПМ и ручная настройка сетки в Elcut.

По методике для упрощения необходимо рассматривать наименьший сектор для расчета. Упростив геометрию элементов, необходимо провести расчет при наименьшем значении сетки, при котором можно добиться адекватного значения параметров. После выполнения всех операций получен конечный сектор СДПМ для расчета (рис. 2). Время расчёта для одной модели составило 50 с, количество узлов сетки равно 1 500 элементов, время расчета полной итерации одного шага ГА составляет 80 с, время проведения полной КТО составит 4,5 дней.

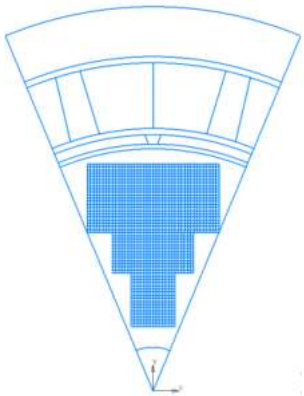


Рис. 2. Конечный сектор для проведения КТО ротора BM1418 ZXF

Таким образом упрощение модели синхронного двигателя с постоянными магнитами позволило уменьшить время расчета топологической оптимизации в 3 раза.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-79-00134.

Источники

1. Модель системы управления станком-качалкой на основе синхронных двигателей с бездатчиковым методом / Т.И. Петров [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2018. № 7-8. С. 107–116.

2. Петров Т.И. Модификация генетического алгоритма для комплексной топологической оптимизации ротора синхронных двигателей // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 3. С. 70–79.

3. Ho S.L., Yang Sh., Bai Ya. A Fast Methodology for Topology Optimizations of Electromagnetic Devices // Proc. of the Magnetics IEEE Transactions. 2017. Vol. 53, Iss. 6. Pp. 1–4.

4. Lee J., Kikuchi N. Structural topology optimization of electrical machinery to maximize stiffness with body force distribution // Proc. of the IEEE Trans. Magn. 2010. Vol. 46, Iss. 10. Pp. 3790–3794.

5. Huynh C., Zheng L., Acharya D. Losses in High Speed Permanent Magnet Machines Used in Microturbine Applications // Journal of Engineering for Gas Turbines and Power. 2009. Vol. 131. Pp. 697–703.

УДК 621-313.3

МОДЕЛИ ПАРАМЕТРОВ АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ В ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РЕЖИМАХ

Петров Алмаз Радикович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
petroval13@mail.ru

В статье рассмотрены основные особенности процессов, протекающих в зонах соприкосновения поверхностей контактных соединений автоматических выключателей. Представлены аналитические выражения динамики потерь мощности аппаратов на полюс от номинального тока, а также графические зависимости исследуемых параметров низковольтной аппаратуры.

Ключевые слова: автоматические выключатели, номинальный ток, контактные соединения, аппроксимирующие функции, конструктивные особенности.

MODELS OF PARAMETERS OF CIRCUIT BREAKERS IN OPERATING MODES

Petrov Almaz Radikovich
Kazan State Power Engineering University, Kazan
petroval13@mail.ru

The article considers the main features of the processes occurring in the areas of contact between the surfaces of the contact connections of circuit breakers. Analytical expressions for the dynamics of power losses of devices per pole on the rated current, as well as graphical dependences of the investigated parameters of low-voltage equipment are presented.

Keywords: circuit breakers, rated current, contact connections, approximating functions, design features.

В каталогах на низковольтные электрические аппараты ВА57-31, NSX100 TM-D, DPX3 160, Tmax XT1 TMD, как правило нет достоверных данных о сопротивлениях контактов и потерях мощности в контактных системах, вследствие чего необходимым является детальный анализ и выявление функциональных зависимостей динамики величины потерь активной мощности от основных технических характеристик [3].

Определим аппроксимирующие функции зависимостей величины потерь мощности от значений номинальных токов автоматических выключателей. Далее определим среднеквадратическое отклонение функций от паспортных данных [1, 5]. Результаты расчетов представлены в таблице.

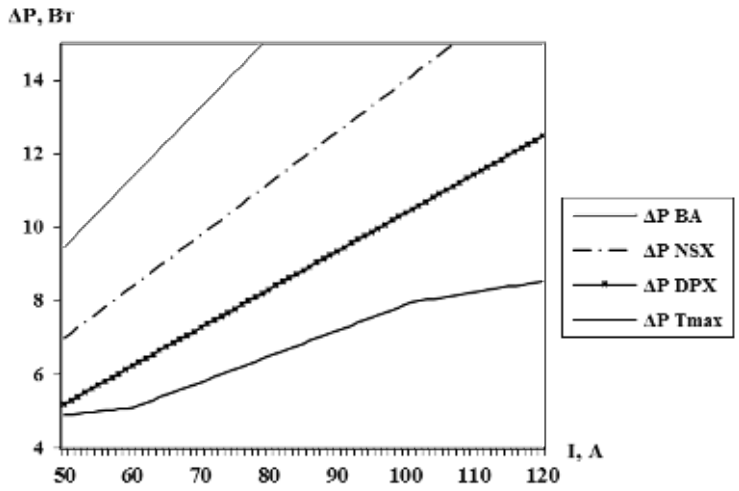
Результаты расчета величины $S = \sqrt{\sum (F(I_i) - \Delta P_i)^2}$ для исследуемых автоматов

Вид функции аппроксимации	S
BA57-31	
$F_{1BA}(I) = -1,95 + 0,28 \cdot I - 7,4 \cdot 10^{-4} \cdot I^2$	0,38
$F_{2BA}(I) = 20,26 - 37,95 \cdot e^{-0,025 \cdot I}$	0,14
$F_{3BA}(I) = -4,12 + 143,98 \cdot e^{-0,1 \cdot I} - 8,4 \cdot 10^{-4} \cdot I^2 + 0,31 \cdot I$	1,15
NSX100 TM-D	
$F_{1NSX}(I) = 0,78 + 0,11 \cdot I - 1,23 \cdot 10^{-4} \cdot I^2$	2,65
$F_{2NSX}(I) = 29,42 - 29,18 \cdot e^{-4,001 \cdot 10^{(-3)} \cdot I}$	0,37
$F_{3NSX}(I) = 17 - 1067 \cdot e^{-0,1 \cdot I} + 5,97 \cdot 10^{-4} \cdot I^2 + 0,14 \cdot I$	2,63
DPX^3 160	
$F_{1DPX}(I) = 7,46 - 0,13 \cdot I + 0,15 \cdot 10^{-4} \cdot I^2$	1,46
$F_{2DPX}(I) = 2,23 \cdot 10^6 - 2,23 \cdot 10^6 \cdot e^{-6,298 \cdot 10^{(-8)} \cdot I}$	1,16
$F_{3DPX}(I) = 20,37 - 516,21 \cdot e^{-0,1 \cdot I} + 0,28 \cdot 10^{-4} \cdot I^2 + 0,39 \cdot I$	7,76
Tmax XT1 TMD	
$F_{1T\max}(I) = -0,55 + 0,12 \cdot I - 2,95 \cdot 10^{-4} \cdot I^2$	0,81
$F_{2T\max}(I) = 13,97 - 15,34 \cdot e^{-9,692 \cdot 10^{(-3)} \cdot I}$	0,69
$F_{3T\max}(I) = 5,48 - 241,05 \cdot e^{-0.1 \cdot I} + 2,94 \cdot 10^{-4} \cdot I^2 + 4,65 \cdot 10^{-3} \cdot I$	0,80

В таблице $F_1(I)$, $F_2(I)$, $F_3(I)$ – функциональные зависимости значений потерь активной мощности в автомата NSX100 TM-D, DPX^3 160, Tmax XT1 TMD от величины номинального тока; I – величина номинального тока [4].

Таким образом, определены зависимости изменения потерь мощности на полюс от номинального тока – это аппроксимирующие функции, имеющие наименьшее среднеквадратическое отклонение [2].

На рисунке приведены графики изменения потерь мощности для автоматических выключателей с загрузкой по току $0{,}5I_{\text{ном}}$.



Графические функциональные характеристики $\Delta P = F(I_{\text{ном}})$
для автоматов серии BA57-31, NSX100 TM-D, DPX3 160, Tmax XT1 TMD

Источники

1. Грачева Е.И., Горлов А.Н., Шакурова З.М. Анализ и оценка экономии электроэнергии в системах внутризаводского электроснабжения // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22, № 2. С. 65–74.

2. Алгоритмы и вероятностные модели параметров функционирования внутризаводского электроснабжения / Е.И. Грачева [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 1. С. 93–104.

3. Грачева Е.И., Наумов О.В. Потери электроэнергии и эффектив-ость функционирования оборудования цеховых сетей: моногр. М.: РусАйнс, 2017. 168 с.

4. Исследование параметров надежности низковольтных коммутационных аппаратов по эксплуатационным данным промышленных предприятий / Е.И. Грачева [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2019. Т. 21, № 1-2. С. 10–18.

5. Хорольский В.Я., Таранов М.А. Надёжность электроснабжения. Ростов-на-Дону: Терра Принт, 2017. 128 с.

УДК 621-313.3

НАДЕЖНОСТЬ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Петрова Рената Маратовна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
1998renata@mail.ru

В статье приведены допустимые превышения температуры частей трансформатора и зависимости установившихся перегревов от коэффициента загрузки трансформатора. Показана оценка влияния температуры окружающей среды на номинальную мощность трансформатора.

Ключевые слова: трансформатор, надежность, температура нагрева, перегрев, номинальный режим работы, трансформаторная подстанция.

RELIABILITY AND EFFICIENCY OF OPERATION OF TRANSFORMER

Petrova Renata Maratovna
Kazan State Power Engineering University, Kazan
1998renata@mail.ru

The article presents the permissible temperature exceedances of transformer parts and the dependence of steady-state overheating on the load factor of the transformer. An assessment of the influence of ambient temperature on the rated power of the transformer is shown.

Keywords: transformer, reliability, heating temperature, overheating, rated operating mode, transformer substation.

Температура нагрева υ какой-либо части трансформатора зависит не только от возникающих в этой части потерь, но и от температуры охлаждающей среды $\upsilon_{о.с.}$ – воздуха. Разность $\upsilon - \upsilon_{о.с.} = \theta$ составляет превышение температуры данной части трансформатора относительно температуры охлаждающей среды [1, 3].

Исходными данными, принимаемыми при расчетах номинальных режимов трансформаторов, являются значения температур, приведенные в табл. 1.

Номинальная температура наиболее нагретой точки обмотки $\upsilon_{об.max} = 98$ °С. Номинальная температура средней по сопротивлению температуры обмотки $\upsilon_{об.ср} = 85$ °С.

Таблица 1

Допустимые превышения (перегревы) температуры

Температура	Обозначение	Значение, °С
Температура средней по сопротивлению температуры обмотки сверх температуры:		
масла	$\theta_{об.ср.м}$	21
воздуха	$\theta_{об.ср}$	65
Температура средней по объему температуры масла над температурой охлаждающего воздуха	$\theta_{м.ср}$	44
Температура масла в верхних слоях сверх температуры охлаждающего воздуха	$\theta_{м.max}$	55
Температура наиболее нагретой точки обмотки над:		
средней по сопротивлению температурой обмотки	$\theta_{об.max} - \theta_{об.ср}$	13
температурой охлаждающего воздуха	$\theta_{об.max}$	78

Если нагрузка трансформатора отлична от номинальной, то установившиеся (конечные) перегревы $\theta_к$ обмоток и масла оцениваются по зависимостям, приведенным на рис. 1.

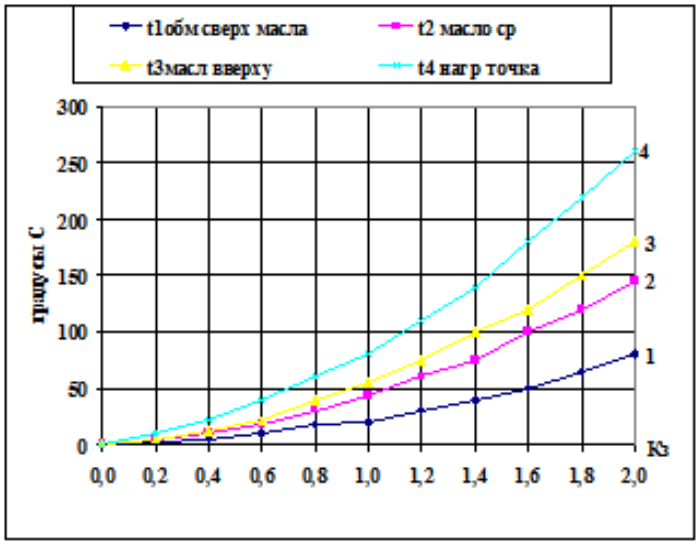


Рис. 1. Зависимость установившихся перегревов $\theta_к$, °С от загрузки трансформаторов: *1* – средний перегрев обмотки сверх температуры масла; *2* – средний перегрев масла сверх температуры охлаждающего воздуха; *3* – перегрев масла сверх температуры охлаждающего воздуха; *4* – перегрев наиболее нагретой точки сверх температуры охлаждающего воздуха

В табл. 2 приведены формулы аппроксимации установившихся перегревов от коэффициента загрузки трансформатора, полученные из рис. 1.

Таблица 2

Зависимости установившихся перегревов
от коэффициента загрузки трансформатора

Температура	Формула для аппроксимации
Средняя по сопротивлению температура обмотки сверх температуры масла	$18{,}36(K_з)^2 + 2{,}2\ K_з + 1{,}2$
Средняя по объему температура масла над температурой охлаждающего воздуха	$29{,}46(K_з)^2 + 14\ K_з - 0{,}19$
Температура масла в верхних слоях сверх температуры охлаждающего воздуха	$34{,}6(K_з)^2 + 21{,}6\ K_з - 1{,}1$
Температура наиболее нагретой точки обмотки над температурой охлаждающего воздуха	$48{,}6(K_з)^2 + 33\ K_з - 0{,}98$

Из всех частей трансформатора, перечисленных в табл. 1, наибольшее значение имеет обмотка, поскольку ее тепловой режим связан с процессом теплового износа изоляции. Работа изоляции и происходящие процессы старения зависят от температуры наиболее нагретой зоны обмотки $\upsilon_{об.max}$. Количество выделяющегося в обмотке тепла и средний перегрев обмотки $\upsilon_{об.ср}$ остается постоянным, но температура обмотки изменяется в соответствии с изменением температуры воздуха [2].

Если трансформатор установить в климатическом поясе с максимальными температурами, большими, чем +35 °С, то ежегодный износ изоляции будет больше, а срок службы изоляции меньше 17–20 лет.

Значение номинальной мощности трансформатора при температуре воздуха, отличной +35 °С, $S_{номυ}$ определяют пересчетом мощности $S_{ном}$, указанной в паспорте:

$$S_{номυ} = S_{ном}\left(1 - \frac{2\upsilon_{о.с.max} - 35}{100}\right). \qquad (1)$$

При $\upsilon_{о.с.max}$ = 55 °С, $S_{номυ} = 0{,}6S_{ном}$.

Источники

1. Грачева Е.И., Серпионова Т.А. Разработка регрессионных моделей для анализа и прогнозирования потерь электроэнергии в низковольтных сетях // Вестник КГЭУ. 2015. № 2 (26). С. 45–51.

2. Садыков Р.Р., Грачева Е.И. Формирование моделей оценки эксплуатационной надежности систем внутризаводского электроснабжения // Вести высших учебных заведений Черноземья. Электроэнергетика. 2017. № 1 (47). С. 1–10.

3. Садыков Р.Р., Сафин А.Р., Грачева Е.И. Применение аналитического метода расчета надежности элементов систем электроснабжения на основе вероятностных моделей // Надежность и безопасность энергетики. 2017. № 1 (36). С. 48–52.

УДК 621.313.

АНАЛИЗ ВАРИАНТОВ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИНДУКЦИОННОГО КОМПЛЕКСА ПЕРЕПЛАВКИ ОТХОДОВ АЛЮМИНИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Полянский Евгений Анатольевич
ФГБОУ ВО «СамГТУ», г. Самара,
sgespea@mail.ru

Совершенствование индукционного комплекса переплавки отходов алюминиевого производства АО «Арконик СМЗ» связано с повышением энергоэффективности комплекса в целом, повышением надежности и минимизацией затрат на ремонт оборудования.

Ключевые слова: индуктор, печной трансформатор, коммутация, регулирование под нагрузкой.

ANALYSIS OF OPTIONS FOR IMPROVEMENT INDUCTION COMPLEX REMELTING WASTE OF ALUMINUM PRODUCTION

Polyansky Evgeny Anatolievich
SSTU, Samara
sgespea@mail.ru

Improvement of the induction complex for remelting aluminum production wastes of Arkonik SMZ JSC is associated with an increase in the energy efficiency of the complex as a whole, an increase in reliability and minimization of equipment repair costs.

Keywords: inductor, furnace transformer, switching, regulation under load.

Индукционный комплекс переплавки отходов алюминиевого производства АО «Арконик СМЗ» (Самарский металлургический завод), ИАТ-6 предназначен для переплавки отходов прокатного и прессового производства в виде обрезки полосы, стружки, ленты и др. (далее – шихта) в слитки для дальнейшего использования в производстве алюминиевой продукции.

Комплекс представляет собой совокупность отдельных агрегатов, систем, устройств, которые контролирует и которыми управляет оператор.

Проблемы индукционного комплекса и пути их решения. Индукционный комплекс введен в работу в 70-х годах прошлого века.

Наиболее проблемные места комплекса:

1. Печной трансформатор. Специальный, печной трансформатор типа ЭОМН – 2700/10. Трансформатор оборудован устройством РПН типа РНО-23. Устройство РПН имеет 17 ступеней регулирования. При этом на первой ступени (максимальный уровень напряжения) напряжение на индукторе составляет 1 054 В, а на семнадцатой ступени (минимальный уровень напряжения) напряжение на индукторе составляет 219 В. За один цикл плавки оператор переключает ступени РПН трансформатора много раз, придерживаясь инструкции. Режим работы устройства РПН этих трансформаторов – периодический. Переключения устройства РПН происходят часто, токи при этом достигают нескольких сотен ампер [2, 3].

Один из возможных вариантов совершенствования индукционного комплекса и повышения надежности работы печного трансформатора, заключается в модернизации устройства РПН. По результатам анализа научно-технической литературы по этому вопросу, наиболее перспективной признается замена классической контактной конструкции на бесконтактную тиристорную технологию РПН [1]. Тем самым повышается надежность устройства РПН и, как следствие всего индукционного комплекса в целом.

2. Управление индукционным комплексом. Сейчас управление индукционным комплексом осуществляет оператор в соответствии с инструкцией. При этом практически невозможно вручную задать режим работы комплекса, соответствующий оптимальному по энергоэффективности и производительности.

Альтернативой ручному управлению является автоматизированное программное управление, настроенное на оптимум. Для создания подобной системы управления необходимо решить несколько научно-практических задач. Во-первых, необходимо разработать математическую модель индукционного комплекса и системы его питания. Во-вторых, нужно сформулировать и решить задачу оптимизации комплекса по энергетическим параметрам. В третьих, реализовать систему управления комплексом «в железе». Решение поставленных задач обеспечит не только исключение неготивного влияния «человеческого фактора» на процесс производства, но и позволит существенно повысить энергоэффективность работы индукционного комплекса.

Выводы:

1. Применение тиристорной технологии в устройстве РПН повысит надежность как отдельно взятого специального печного трансформатора, так и индукционного комплекса в целом.

2. Применение автоматизированного управления плавки шихты повысит энергоэффективность индукционного комплекса.

Источники

1. Ашировские чтения [Электронный ресурс]: сб. ст. Всерос. науч.-практ. конф. / отв. ред. В.В. Живаева. Самара: Самар. Гос. Техн. Ун-т, 2022. URL: https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=49716556 (дата обращения: 17.10.2022).

2. Электрическая часть станций и подстанций: учеб. для вузов / А.А. Васильев [и др.]; под ред. А.А. Васильева. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1990. 576 с.

3. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций: учеб. для техникумов. М.: «Энергия», 1975. 704 с.

УДК 621.396.96

МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕСКОРРЕКТИРОВАННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА АВТОСОПРОВОЖДЕНИЯ ЦЕЛИ ПО АЗИМУТУ

Раджабов Асамуддин Нажмиддинович[1], Малёв Николай Анатольевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2]maleeev@mail.ru

В работе рассматриваются особенности функционирования нескорректированной мехатронной системы автосопровождения цели по азимуту, представляющей собой исполнительную часть радиолокационной следящей системы. Показаны функциональная и структурная схемы системы автосопровождения с математическим описанием ее элементов. Компьютерное моделирование системы показало необходимость синтеза корректирующего устройства.

Ключевые слова: мехатронная система, радиолокационная система, автосопровождение цели, корректирующее устройство.

SIMULATION OF THE UNCORRECTED ELECTRIC DRIVE AZIMUTH AUTO TRACKING

Radjabov Asamuddin Nazhmiddinovich[1], Malev Nikolay Anatolievich[2]
Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1,2]maleeev@mail.ru

The paper discusses the features of the functioning of an uncorrected mechatronic system for azimuth auto tracking, which is the executive part of a radar tracking system. The functional and block diagram of the auto-tracking system with a mathematical description of its elements are shown. Computer modeling of the system showed the need for the synthesis of a corrective device.

Keywords: mechatronic system, radar system, automatic target tracking, corrective device.

Устройства автоматического сопровождения (УСН) используются для измерения угловых координат целей (азимут и угол места). В состав УСН входит угловой дискриминатор, предназначенный для измерения углового рассогласования между направлением на объект и осью антенны. Исполнительная часть УСН представляет собой мехатронную следящую систему, предназначенную для управления положением антенны. Антенна является объектом управления и одновременно входит в состав измерительного устройства (дискриминатора) [1, 2].

Функциональная схемы исследуемой системы автосопровождения цели по азимуту (АСА) при изменении одной угловой координаты показана на рис. 1. Входной величиной системы является азимут цели $\beta_{\text{ц}}(t)$ (или угол места цели), выходной величиной – азимут антенны $\beta_{\text{а}}(t)$ (или угол азимута цели).

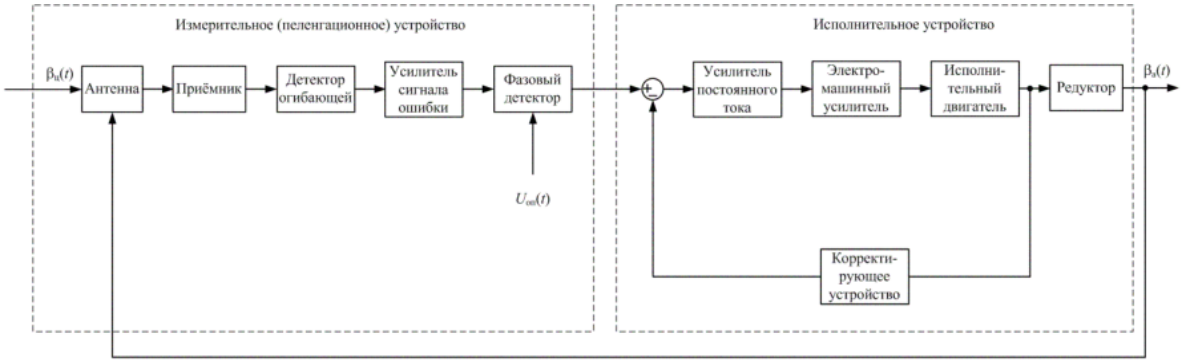


Рис. 1. Функциональная схема системы автосопровождения цели по азимуту

С точки зрения работы следящей системы антенная система и приёмник по своим динамическим свойствам представляют усилители и могут быть представлены одним пропорциональным динамическим звеном с передаточной функцией: $K_{\text{а-п}}(s) = K_{\text{а-п}}$.

Детектор огибающей и усилитель согнала ошибки также можно считать безынерционными звеньями, тогда $K_{\text{до}}(s) = K_{\text{до}}$, $K_{\text{усо}}(s) = K_{\text{усо}}$.

Для выделения полезной составляющей ошибки на выходе фазового детектора включается фильтр нижних частот, который не пропускает компоненты, содержащие гармонические частоты. С учётом инерционных свойств фазового детектора его передаточная функция будет иметь вид:

$$W_{\text{фд}}(s) = K_{\text{фд}} \Big/ \left(T_{\text{фд}} s + 1\right).$$

Таким образом, передаточная функция пеленгационного устройства:

$$W_{\text{пу}}(s) = K_{\text{а-п}}(s) K_{\text{фд}}(s) K_{\text{до}}(s) K_{\text{усо}}(s) = \frac{K_{\text{а-п}} K_{\text{фд}} K_{\text{до}} K_{\text{усо}}}{T_{\text{фд}} s + 1} = \frac{K_{\text{пу}}}{T_{\text{фд}} s + 1}.$$

Усилитель постоянного тока может рассматриваться как пропорциональное звено с передаточной функцией $K_{\text{упт}}(s) = K_{\text{упт}}$.

Передаточная функция электромашинного усилителя (ЭМУ) с учётом постоянной времени обмотки управления определяется выражением:

$$W_{\text{эму}}(s) = K_{\text{эму}} \Big/ \left(T_{\text{у}} s + 1\right)\left(T_q s + 1\right),$$

где $T_{\text{у}}$ – постоянная времени цепи управления ЭМУ; T_q – постоянная времени поперечной цепи ЭМУ. Структурная схема АСА, полученная на основе функциональной схемы с учетом передаточных функций ее элементов представлена на рис. 2.

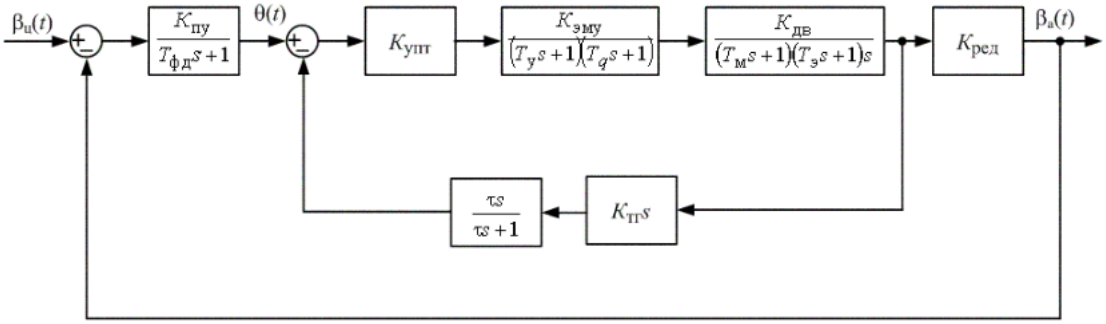


Рис. 2. Структурная схема системы автосопровождения цели по азимуту

Коэффициент передачи разомкнутой нескорректированной системы с учетом двигателя и редуктора

$$K_{\text{нск}} = K_{\text{пу}} K_{\text{упт}} K_{\text{эму}} K_{\text{дв}} K_{\text{ред}} = 4 \cdot 0{,}5 \cdot 7 \cdot 2 \cdot 50 \cdot 25 \cdot 1{,}185 \cdot \frac{1}{750} = 55{,}3.$$

После подстановки постоянных времени передаточная функция разомкнутой нескорректированной системы АСА запишется в виде:

$$W_{\text{нск}}(s) = \frac{55{,}3}{\left(0{,}005s + 1\right)\left(0{,}001s + 1\right)\left(0{,}04s + 1\right)\left(0{,}47s + 1\right)\left(0{,}015s + 1\right)s}.$$

Оценим устойчивость системы с помощью логарифмических частотных характеристик, показанных на рис. 3.

Из анализа графика видно, что система является неустойчивой и характеризуется дефицитом устойчивости по фазе $\varphi_з = -22{,}9°$ и по амплитуде $L_з = -10$ дБ.

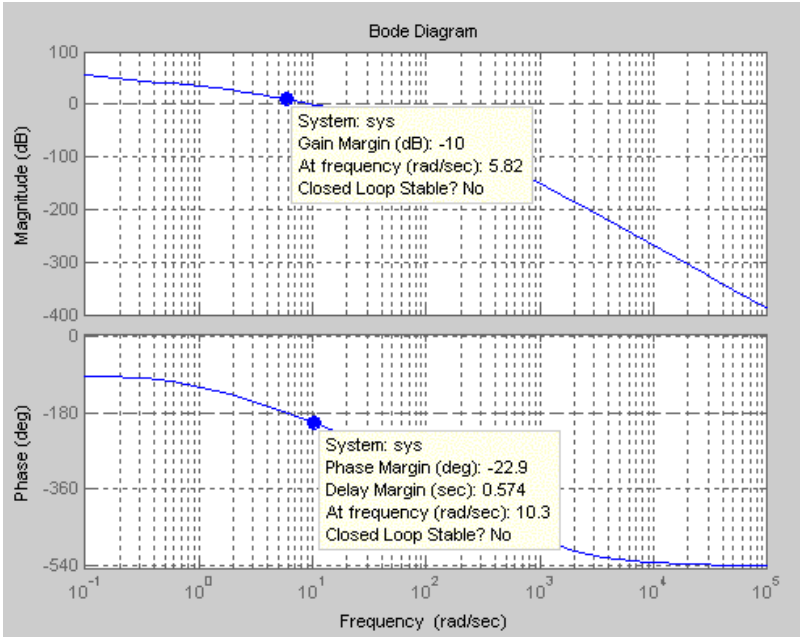


Рис. 3. Логарифмические частотные характеристики нескорректированной системы автосопровождения цели

Результаты исследования свидетельствуют о необходимости синтеза цифрового алгоритма коррекции в целях обеспечения устойчивого функционирования мехатронной системы АСА с требуемыми показателями качества [3].

Источники

1. Радиолокационные системы [Электронный ресурс]: учеб. / В.П. Бердышев [и др.]; под общ. ред. В.П. Бердышева. Красноярск: СФУ, 2011. 400 с.

2. A delay-correlating direct-sequence spread-spectrum (DS/SS) radar system-on-chip operating 183-205 GHz in 28nm CMOS / A. Tang [et al.] // Proc. of the IEEE Trans. On Terahertz Science and Technology. 2020. Vol. 10, Iss. 2. Pp. 212–220.

3. Цифровой алгоритм контроля функционирования электромеханического преобразователя постоянного тока / Н.А. Малёв [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 1. С. 126–140.

УДК 621

СКАЛЯРНО-ФАЗОВОЕ УПРАВЛЕНИЕ КРУТЯЩИМ МОМЕНТОМ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Смолин Виктор Иванович[1], Гун Валентина Сергеевна[2]
[1,2]Южно-Уральский государственный университет (НИУ), г. Челябинск
[1]smolinvi@mail.ru, [2]fio@mail.ru

Решается задача повышения точности управления крутящим моментом автомобильного электропривода в условиях невозможности применения датчиков момента по конструктивным, эксплуатационным и экономическим факторам. В основу решения поставленной задачи положен энергетический метод, позволяющий формировать алгоритмы управления трехфазными синхронными и асинхронными машинами в скалярно-фазовых переменных уравнений мгновенного баланса активной и реактивной мощности. Рассмотрены два аспекта решаемой задачи: измерения и управления. Показана возможность измерения крутящего момента тяговых машин с прогнозируемой погрешностью (2,0–2,5) %. Рассмотрены структурные методы управления крутящим моментом автомобильного электропривода, позволяющие решать задачу повышения точности на прогнозируемом уровне (2,5–3,0) % приведенной погрешности.

Ключевые слова: автомобильный электропривод, крутящий момент, повышение точности измерения и управления.

SCALAR-PHASE TORQUE CONTROL OF TRACTION MOTOR

Smolin Viktor Ivanovich[1], Gun Valentina Sergeevna[2]
[1,2]South Ural State University (NIU), Chelyabinsk
[1]smolinvi@mail.ru, [2]fio@mail.ru

The problem of increasing the accuracy of torque control of the auto-beating electric drive in conditions of impossibility to use moment sensors is solved by design, operational and economic factors. The solution to this problem is based on an energy method that allows you to form algorithms for controlling three-phase synchronous and asynchronous machines in scalar-phase variable equations of instantaneous balance of active and reagent power. Two aspects of the problem are considered: measurement and control. The possibility of measuring the torque of traction machines with a predicted error of (2.0–2.5) % is shown. Structural methods of motor drive torque control are considered, which make it possible to solve the problem of improving accuracy at the predicted level (2.5–3.0) % of the reduced error.

Keywords: motor drive, torque, accuracy of measurement and control.

Введение. Задача повышения точности управления крутящим моментом электрических машин актуальна во многих сферах промышленного производства. Электропривод с двойной функцией исполнительного и измерительного устройства по крутящему моменту облегчает решение задач мониторинга и управления вязкостью, влажностью

и однородностью исходного материала в производстве хлебной продукции, глиняного, песочно-цементного и других растворов в производстве строительных материалов.

Повышенная точность управления крутящим моментом электрического и гибридного привода необходима для равномерного распределения тягового усилия между колесами, повышения экономичности, устойчивости и безопасности транспортных средств. Энергетические и эксплуатационные характеристики привода снижаются в зависимости от относительной погрешности управления моментом $\delta_{\text{м}}$ пропорционально $\cos\delta_{\text{м}}$. Разбалансировка по моменту (M) на уровне $\delta_{\text{м}} = 10$ % считается допустимой при работе в номинальных и пиковых режимах. В режимах частичных нагрузок, достигающих (70–80) % рабочего цикла автомобиля, относительная погрешность $\delta_{\text{м}}$ может многократно увеличиваться. Данные факторы приводят к необходимости уменьшения номинала $\delta_{\text{мн}}$ до (2,5–3,0) %. Применение датчиков крутящего момента пока не возможно в автомобильном приводе по причинам конструктивного и эксплуатационного характера. Косвенные оценки, основанные на измерении токов и потокосцеплений электрических машин, не удовлетворяют требованиям по точности. В работе рассмотрен принципиально новый подход в решении задачи, основанный на энергетическом методе управления тяговым электроприодом [1, 2].

Имитационная модель крутящего момента. Трехфазные асинхронные (АМ) и синхронные (СМ) машины получили наибольшее применение в автомобильном приводе [3, 4]. Проблемы косвенной оценки момента обусловлены трудно прогнозируемым характером изменения магнитных полей и индуктивных элементов АМ и СМ в широком диапазоне скоростей и нагрузок. Математическая модель АМ и СМ представлена в энергетическом методе в виде скалярно-фазовых уравнений динамического баланса активной и реактивной мощности. Алгоритм вычисления крутящего момента получают из уравнения баланса активной мощности:

$$M(t) = \frac{P_1(t) - \sum \Delta P_i(t)}{\omega_{\text{г}}(t)}. \qquad (1)$$

Угловая скорость $\omega_{\text{г}}(t)$ и потребляемая активная мощность $P_1(t)$ доступны для прямого измерения с приведенной погрешностью $\delta_{\omega\text{н}}$ и $\delta_{p\text{н}}$ на уровне (0,75–1,5) % [2]. Реактивная мощность и индуктивные элементы не оказывают прямого влияния на вычисление $M(t)$. Дестабилизирующий фактор $\delta_{\Sigma\text{н}}$ обусловлен суммарными потерями $\sum P_i(t)$:

$$\delta_{\Sigma н} = \frac{\eta_н}{1-\eta_н}\sqrt{\delta^2_{мн} - \delta^2_{рн} - \delta^2_{\omega н}}\,, \qquad (2)$$

где $\delta_{\omega н}$ – желаемая погрешность измерения М; $\eta_н$ – номинальный КПД тяговых машин, нормируемый на уровне 95 % [3, 4]. Повышенная точность измерения $P_1(t)$ и $\omega_г(t)$ высокий КПД обеспечивают поле допуска на суммарные потери $\delta_{\Sigma н} = (20–34)$ % и отдельные компоненты (14–20) %, что позволяет применять наиболее простые линейные или квадратичные алгоритмы вычисления потерь [2]. Динамические измерения момента базируются на мониторинге трехфазной цепи АМ и СМ с помощью датчиков $B_1,\ldots,B_6$ (см. рисунок). Прогнозируется, что информационная система ИИС обеспечивает измерение крутящего момента M_* на требуемом уровне (2,0–2,5) % приведенной погрешности.

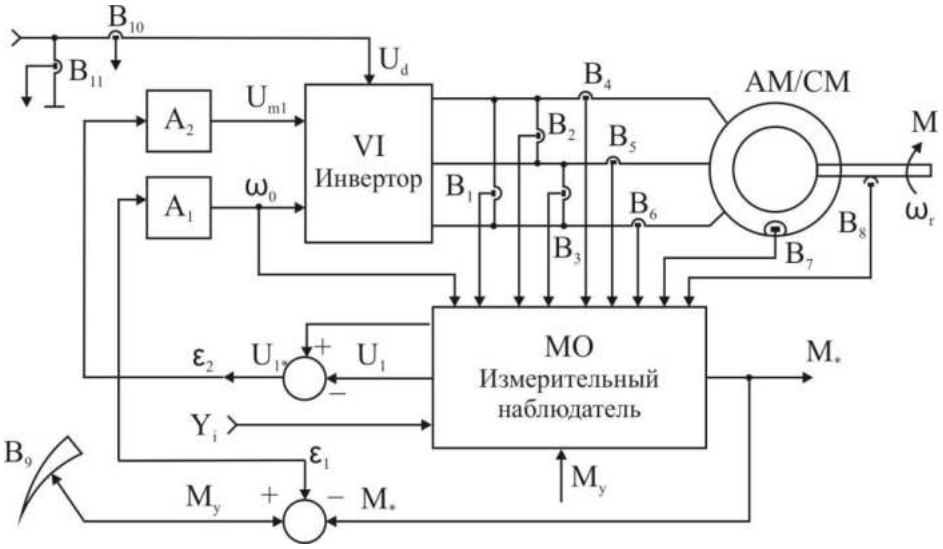


Рис. 1. Замкнутая система управления электроприводом: $B_1,\ldots,B_{10}$ – датчики ИИС; A_1, A_2 – регуляторы контуров управления синхронной частотой ω_0 и амплитудой U_{m1}; M_y – внешнее воздействие; U_{1*}, $U_1 = \sqrt{1,5}U_{1m}$ – адаптированное и измеренное напряжение; Y_i – критерии управления, технические данные АМ/СМ

Время задержки, обусловленное аналого-цифровой обработкой первичных данных в МО не превышает 1.0 мс. ИИС позволяет решать задачу измерения М* по разработанной технологии и техническим данным АМ/СМ без вмешательства в процесс управления электроприводом. В этом случае электропривод может выполнять двойную функцию исполнительного и измерительного устройства. Точность управления и измерения при этом будет различной.

Система управления. Дестабилизирующие факторы реактивной мощности и индуктивных элементов оказывают непосредственное влияние на алгоритмы управления моментом М. Дополнительные погрешности управления вносит инвертор. Потенциальные возможности прямого управления оцениваются $\delta_{мн} = 10\,\%$ [5]. Задача существенного повышения точности управления решается в статье структурными методами. Предлагается использовать электронный измеритель момента M_* (см. рисунок) в качестве датчика обратной связи в замкнутой системе управления. Инвариантные свойства взаимосвязанных контуров момента M_* и U_{1m} (или тока) позволяют реализовать метрологический потенциал ИИС в требуемую точность управления крутящим моментом.

Заключение. Работа содержит тезисное изложение стратегии повышения точности управления крутящим моментом тягового электропривода косвенными средствами. Количественные оценки получены моделированием опубликованных ранее алгоритмов измерения и управления на основе технических данных тяговых машин. Результаты исследований направлены на развитие систем управления и бортовой диагностики электрического транспорта.

Источники

1. Smolin V., Topolskaya I., Gladyshev S.P. Energy Method for Torque Control of a Synchronous Traction Motor: Technical Paper // Published by SAE International in United States. 2018. DOI: https://doi.org/10.4271/2018-01-0766.

2. Smolin V., Goun V. Energy Method for Controlling a Traction Electric Drive // SAE International Journal of Electrified Vehicles. 2021. Vol. 10, Iss. 2. Pp. 195.

3. BRUSA: Technical data and Start-up: User manual. Electronic AG, 2014. 85 p.

4. Vynakov O.F., Savolova E.V., Skrynnyk A.I. Modern electric cars of Tesla Motors company // Automation Technological and Business Processes. 2016. Vol. 8, Iss. 2. Pp. 9–18.

5. Келлер А., Сергиевский Ю.Н. Прямое измерение момента в электроприводе // Автоматизированный электропривод – 2014: тр. VIII Междунар. (XIX Всерос.) конф. В 2 т. Саранск, 2014. Т. 1. С. 58–62.

УДК 629.73.064.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА АВТОМАТА РЕГУЛИРОВКИ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С РАЗЛИЧНЫМИ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ

Софронов Дмитрий Андреевич[1], Малёв Николай Анатольевич[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
maleeev@mail.ru

В работе рассматриваются особенности функционирования мехатронной системы управления лёгкого сверхзвукового самолёта с применением в качестве рулевого привода необратимого гидроусилителя и электромеханического преобразователя. Показаны преимущества следящей системы управления синхронным изменением длины выходного штока электромеханизма автомата регулировки управления, обеспечивающей единообразие пилотирования летательного аппарата в различных режимах полёта.

Ключевые слова: мехатронная система, электромеханический преобразователь, летательный аппарат, следящее управление.

STUDY OF THE FUNCTIONING ELECTRIC DRIVE OF THE CONTROL ADJUSTMENT AUTOMAT AIRCRAFT WITH DIFFERENT EXECUTIVE DEVICES

Sofronov Dmitry Andreevich[1], Malev Nikolay Anatolievich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[2]maleeev@mail.ru

The paper discusses the features of the functioning of the mechatronic control system of a light supersonic aircraft using an irreversible hydraulic booster and an electromechanical converter as a steering drive. The advantages of a servo control system for synchronous change in the length of the output rod of the electromechanism of the control adjustment automat, which ensures the uniformity of piloting an aircraft in various flight modes, are shown.

Keywords: mechatronic system, electromechanical converter, aircraft, servo control.

Автоматами регулировки управления (АРУ) называют автоматические устройства механической системы управления рулевыми органами летательных аппаратов (ЛА), которые изменяют её параметры в целях обеспечения единообразия техники пилотирования самолётом на различных режимах полёта [1].

Типовая схема механической системы управления лёгкого сверхзвукового самолёта включает следующие основные элементы (рис. 1): ручку управления (РУ), загрузочный механизм (ЗМ), механизм триммирования (МТ), функционирующий при нажатии кнопки «Триммер» (Кн), механические тяги и необратимый гидроусилитель – рулевой привод (РП).

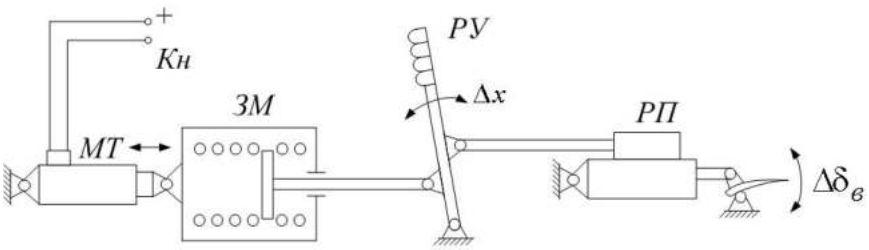


Рис. 1. Схема рулевого управления

При использовании данной схемы управления с постоянными параметрами на различных режимах полёта одному и тому же отклонению руля высоты будут соответствовать различные приращения перегрузок, что приведёт к плохой статической управляемости ЛА [2]. На рис. 2 показана схема АРУ, где в качестве регулирующих устройств применены электромеханизмы, изменяющие длины плеч рычагов $l_{\text{зм}}$ и $l_{\text{рп}}$.

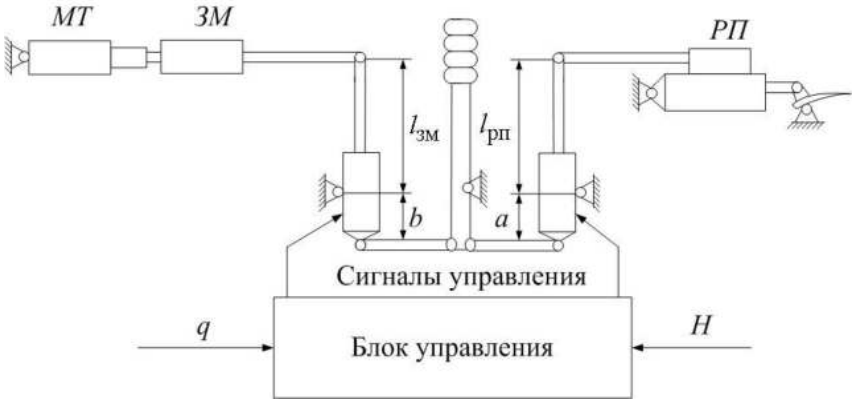


Рис. 2. Схема включения электромеханизмов АРУ в проводку управления стабилизатором

Необходимая программа изменения этих плеч в функции скоростного напора и высоты может быть определена из условия постоянства отношения приращения перегрузок к усилию на ручке управления $\Delta n_y / \Delta P$.

Электрическая схема АРУ содержит задатчик программы, усилитель мощности (УМ), двигатель постоянного тока и цепи обратной связи (рис. 3). Информация о высоте и скоростном напоре поступает в виде

полного и статического давлений от приёмников воздушного давления ЛА. С увеличением динамического давления мембранная коробка (МК) расширяется и перемещает ползунок задатчика программы. Ограничение этого перемещения в зависимости от высоты полёта происходит за счёт изменения размера анероидной коробки (АК) и связанного с ней упора, препятствующего движению ползунку от мембранной коробки.

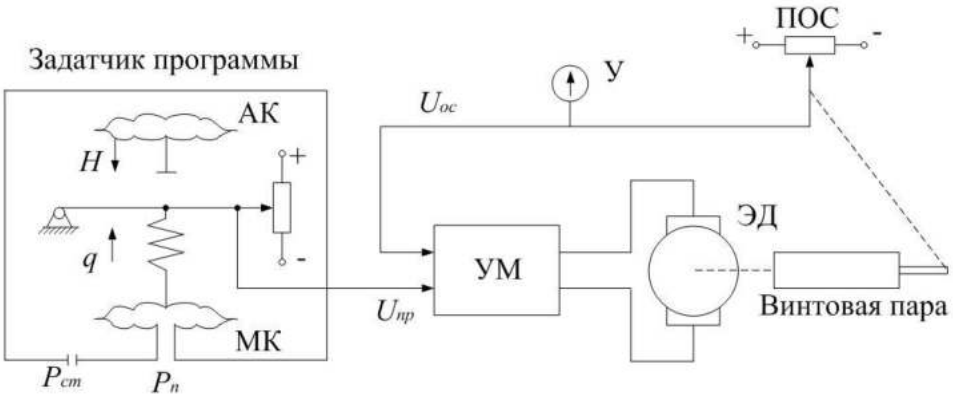


Рис. 3. Схема мехатронной системы автомата регулировки управления

Сигнал задатчика поступает на усилитель УМ и обеспечивает вращение электродвигателя и выходного штока электромеханизма до тех пор, пока сигнал датчика обратной связи не скомпенсирует входной сигнал задатчика программы. Данная схема является мехатронной следящей системой с синхронным изменением длины выходного штока вслед за перемещением ползунка задатчика программы, а синтез соответствующего цифрового алгоритма управления позволит обеспечить требуемое качество функционирования АРУ [3].

Источники

1. Грузкова С.А. Электрооборудование летательных аппаратов: учеб. для вузов. В 2 т. М.: Издательский дом МЭИ, 2019. Т. 1: Системы электроснабжения летательных аппаратов. 568 с.

2. Hou C., Hu L. and Zhang Y. Adaptive Output Tracking Control for Nonlinear Systems with Failed Actuators and Aircraft Flight System Applications // Mathematical Problems in Engineering. 2015. Pp. 1–14.

3. Цифровой алгоритм контроля функционирования электромеханического преобразователя постоянного тока / Н.А. Малёв [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 1. С. 126–140.

УДК 621.3.077.4

МАЛОЭЛЕМЕНТНОЕ РЕГУЛИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА НАСОСНЫХ УСТАНОВОК

Старостина Ярослава Константиновна[1], Сидоров Евгений Владимирович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «УлГТУ», г. Ульяновск
[1]yaroslava.starostina@bk.ru

В статье рассматривается конструкция малоэлементного регулирующего устройства для асинхронного электропривода насосных установок, выполненного по минимальной структуре на одном силовом транзисторе, размещённом в общей для всех фаз трансформатора цепи, позволяющая минимизировать масогабаритные показатели. Применение малоэлементного регулирующего устройства для асинхронного электропривода позволяет удовлетворить требования энергосбережения, предъявляемые к насосным установкам при их эксплуатации. Эффективность данного решения подтверждена анализом экспериментальных графиков в компьютерной программе Matlab/Simulink.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, транзисторный ключ, насосная установка, плавный пуск, энергосбережение.

SMALL-ELEMENT CONTROL DEVICE FOR ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE OF PUMP UNITS

Starostina Yaroslava Konstantinovna[1], Sidorov Evgeny Vladimirovich[2]
[2]Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk
[1]yaroslava.starostina@bk.ru

The article discusses the design of a small-element control device for asynchronous electric drive of pump plants, made according to the minimum structure on one power transistor located in the circuit common to all phases of the transformer, which allows minimizing weight and size indicators. The use of a small-element control device for an asynchronous electric drive makes it possible to meet the energy saving requirements for pump units during their operation. The effectiveness of this solution is confirmed by the analysis of experimental graphs in the Matlab/Simulink computer program.

Keywords: asynchronous motor, transistor switch, pump unit, smooth start-up, energy saving.

В настоящее время основными объектами управления систем автоматизации промышленного, коммерческого и бытового назначения являются асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором,

которые потребляют около 60 % производимой в мире электроэнергии, где примерно половина из них приводят в движение насосные установки. У большинства насосных установок (около 90 %) используются традиционные способы регулирования подачи, такие как дросселирование, байпасирование и двухпозиционное регулирование [1].

На первый взгляд данные способы регулирования имеют простую конструкцию, удобны в эксплуатации, являются экономически эффективными за счет их низкой стоимости, однако, у них существует много недостатков. Начнем с того, что подобное регулирование не позволяет достичь оптимальной производительности процесса, обычно для ее повышения требуется перестраивать систему полностью, существует опасность повреждения при первом пуске и высокие эксплуатационные расходы. Именно поэтому, актуальной проблемой является неэффективность процесса работы насосных установок с энергетической и экономической точек зрения. В связи с тем, что насосные установки работают круглосуточно и круглогодично и от их работы напрямую зависит энерго- и ресурсосбережение, поэтому основной целью является повышение энергетических и экономических показателей эксплуатации электроприводов насосных установок путем применения биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT) в качестве пуско-регулирующего устройства системы управления электроприводом [2].

В данной статье предлагается такое техническое решение, ведущее к минимизации числа полупроводниковых ключей в схемах регулируемого асинхронного электропривода, а именно применение малоэлементного регулирующего устройства, выполненного на базе моновентильной трёхфазной схемы. Главным элементом моновентиля служит единственный транзисторный ключ, который может быть установлен в общей для всех трёх фаз цепи источника питания, импульсного регулятора или нагрузки, а в рассматриваемом примере в первичных обмотках трёхфазного вольтодобавочного трансформатора [3].

Простейшая схема асинхронного электропривода с моновентильным импульсным регулятором статорного напряжения приведена на рис. 1. Основу схемы составляет трёхфазный вольтодобавочный трансформатор (ВДТ) в статорных обмотках асинхронного двигателя (АД), широтно-импульсное регулирование (ШИР)напряжения в первичных обмотках которого осуществляется с помощью единственного транзистора *VT*1, установленного на выходе диодного моста *VD*1.

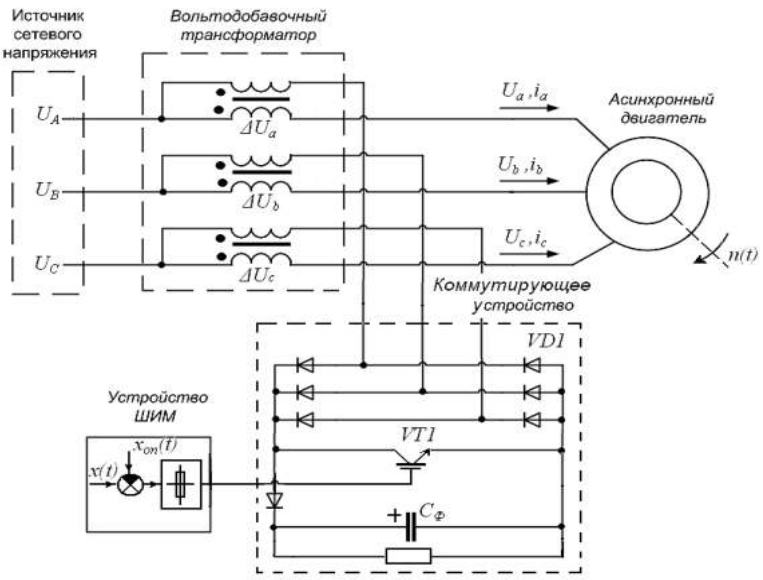
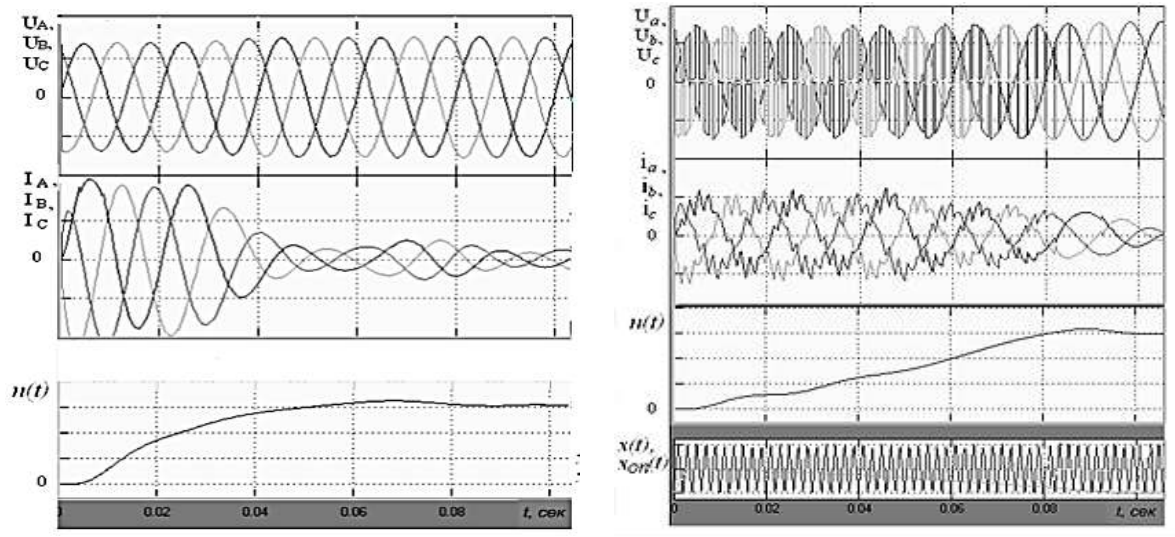


Рис. 1. Схема малоэлементного регулирующего устройства



а *б*

Рис. 2. Осциллограммы режимов прямого (*а*) и плавного (*б*) пуска асинхронного двигателя

В зависимости от направления включения обмоток, фазные напряжения вольтодобавки ΔU_a, ΔU_b и ΔU_c могут служить для повышения или уменьшения результирующего напряжения в статорных обмотках, что может служить целям форсирования или демпфирования переходных процессов. Представленные на рис. 2 результаты компьютерного моделирования иллюстрируют применение данного устройства для осуществления плавного амплитудного пуска АД. Сравнение режимов прямого (рис. 2, *а*) и плавного (рис. 2, *б*) пуска свидетельствует об уменьшении броска пускового тока не менее, чем в 1,5 раза.

Источники

1. Зенович-Лешкевич-Ольпинский Ю.А., Карницкий Н.Б. Перспективы установки частотно-регулируемого электропривода на циркуляционных насосах системы технического водоснабжения ТЭЦ // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2021. Т. 13, № 4 (52). С. 14–27.

2. Иванова В.Р., Киселев И.Н. Частотно-регулируемый электропривод для энергосбережения и оптимизации технологических процессов в электротехнических комплексах // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2019. Т. 21, № 5. С. 59–70.

3. Сидоров С.Н., Старостина Я.К., Ширманов Я.К. Разработка маловентильного асинхронного электропривода // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве : матер. IV Нац. науч.-практ. конф. В 2 т. Казань, 2018. Т. 2. С. 308–314.

УДК 621

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ В ПРОГРАММЕ «SIMINTECH»

Таначев Георгий Павлович[1], Корнилов Владимир Юрьевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]egor-tanachev@mail.ru

В данной статье рассматривается возможность моделирования электропривода штангового скважинного насоса на базе синхронного двигателя с постоянными магнитами в среде SimInTech. Данный продукт разработан компанией российских программистов и в настоящее время не столь популярен как всемирно известные программы для моделирования такие как Mathlab, LabView и другие. Плюсами данной программы является то, что она полностью русифицирована, а функционал ничем не уступает именитому софту. С помощью приведенного примера сборки модели, мы сможем сделать вывод о возможностях, которые предоставляет нам данная программа при моделировании электропривода.

Ключевые слова: станок-качалка**,** электропривод, моделирование, SimInTech.

MODELING OF ELECTRIC DRIVES IN THE “SIMINTECH” PROGRAM

Tanachev Georgy Pavlovich[1], Kornilov Vladimir Yurievich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]egor-tanachev@mail.ru

This article discusses the possibility of modeling the electric drive of a rod borehole pump based on a synchronous motor with permanent magnets in a SimInTech environment. This product was developed by a company of Russian programmers and is currently not as popular as world-famous modeling programs such as Mathlab, LabView and others. The advantages of this program is that it is completely Russified, and the functionality is in no way inferior to the famous software. With the help of the given example of model assembly, we will be able to conclude about the possibilities that this program provides us with when modeling an electric drive.

Keywords: rocking machine, electric drive, modeling, SimInTech.

Добыча нефти с помощью нефтяных скважинных штанговых глубинно-насосных установок – один из основных и широко распространенных методов механизированной добычи нефти во всем мире. На смену физически и морально устаревшим электроприводам на базе асинхронных двигателей приходят электроприводы на базе синхронных машин с постоянными магнитами. Данные двигатели доступны в большом диапазоне мощностей и имеют ряд преимуществ перед асинхронными

машинами. К преимуществам таких электроприводов можно отнести: малые габаритные размеры, малый момент инерции ротора, более высокие значения энергетических характеристик [1].

Объектом исследования является электропривод станка-качалки на базе синхронного двигателя с постоянными магнитами.

Задачей исследования является проверка возможности применения среды динамического моделирования «SimInTech» для построения модели электропривода станка-качалки с характерной для процесса нефтедобычи нагрузкой на приводной двигатель.

SimInTech (*Simulation In Technic*) – среда динамического моделирования технических систем, предназначенная для расчётной проверки работы систем управления сложными техническими объектами. SimInTech осуществляет моделирование технологических процессов, протекающих в различных объектах, с одновременным моделированием системы управления, и позволяет повысить качество разработки систем управления и мехатронных модулей движения на любой стадии проекта [2].

В качестве прототипа модели электропривода станка-качалки рассмотрена модель электропривода на основе многополюсного СДПМ с системой управления моментом. Модель электропривода с системой управления СДПМ отображена на рис. 1.

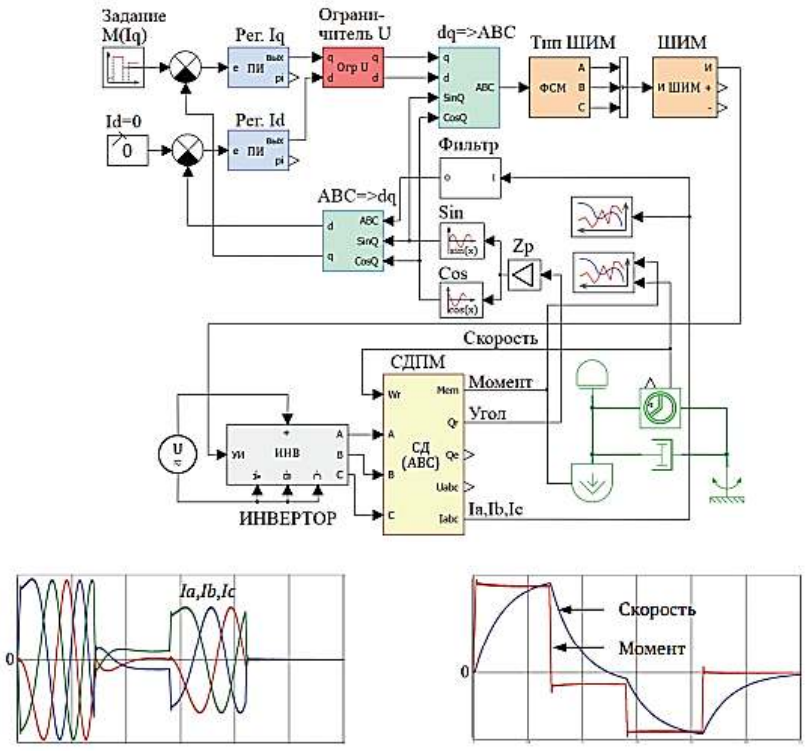


Рис. 1. Модель электропривода с системой управления СДПМ

В структуре модели имеется контур тока, который управляет моментом на выходном валу СДПМ. Модель двигателя управляется ШИМ-инвертором с использованием алгоритма *min-max.* Скорость, получающаяся при приложении момента к заданной механической нагрузке, подается на соответствующий вход модели двигателя.

В качестве нагрузки программное обеспечение SimInTech позволяет выбрать различные модули для имитации нагрузки. В библиотеке компонентов «механика» (рис. 2) представлены различные блоки, которые позволяют смоделировать: элементы вращения, редукторы (редуктор и ременная передача), элементы поступательного движения (штанговый насос), механизмы (рычаг и др.), а также муфты и соединения [4]. На графиках (рис. 1) показаны сигналы момента, скорости и фазных токов модели двигателя.

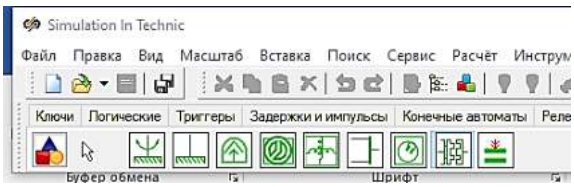


Рис. 2. Блок «Механика»

На основе данных моделей можно сделать выводы о том, что среда SimInTech является хорошим инструментом для исследования электропривода на базе синхронного двигателя с постоянными магнитами. Обширный выбор блоков и библиотек дает нам возможность для симуляции различных режимов эксплуатации станка-качалки, чтобы принять обоснованное решение о качестве проектных решений при разработке электропривода на основе СДПМ.

Источники

1. Амр Рефки Али Абд Эль Вхаб. Разработка алгоритмов управления электропривода с улучшенными динамическими характеристиками на базе синхронного двигателя с постоянными магнитами: дис. ... канд. техн. наук. Томск, 2012. 145 с.

2. Герман-Галкин С.Г., Карташов Б.А., Литвинов С.Н. Модельное проектирование электромеханических мехатронных модулей движения в среде SimInTech. М.: ДМК Пресс, 2021. 494 с.

3. Калачев Ю.Н. Моделирование в электроприводе SimInTech. М.: ДМК Пресс, 2019. 105 с

4. Хакимьянов М.И. Повышение энергетической эффективности скважинных насосов механизированной добычи нефти // Энергетик. 2016. № 5. С. 36–38.

УДК 621.313.333

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ РЕЖИМОВ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Третьяков Артем Сергеевич
Белорусско-Российский университет, г. Могилев
loggie121@gmail.com

В статье обоснована важность учета вентиляционных режимов работы асинхронных электродвигателей при их эксплуатации. Предложена концепция и конструкция лабораторного комплекса, предназначенного для исследования вентиляционных режимов работы асинхронных электродвигателей. Предложено программное обеспечение IM View для расчета и исследования вентиляционных режимов асинхронных электродвигателей.

Ключевые слова: асинхронный электродвигатель, вентиляционный режим, программное обеспечение, вентиляционная модель.

DEVELOPMENT OF SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX FOR INVESTIGATION OF VENTILATION MODES OF INDUCTION MOTORS

Tretsiakov Artem Sergeevich
Belarusian-Russian University, Mogilev
loggie121@gmail.com

The article justifies the importance of taking into account the ventilation modes of operation of asynchronous electric motors during their operation. Concept and design of laboratory complex intended for study of ventilation modes of asynchronous electric motors operation are proposed. Proposed is IM View software for calculation and study of ventilation modes of induction motors.

Keywords: software and hardware complex, induction motor, thermal mode, software, tests, ventilation model.

Одним из важных факторов длительной и безотказной работы асинхронного электродвигателя является обеспечение номинального теплового режима работы. Эксплуатируя асинхронные электродвигатели в установленных заводом-изготовителем условиях, а также проводя плановые профилактические осмотры, можно получить длительный срок безотказной работы электрических машин.

Ранее была проведена работа по разработке программно-аппаратного комплекса для исследования тепловых режимов асинхронных электродвигателей [1]. Внешний вид представлен на рис. 1.

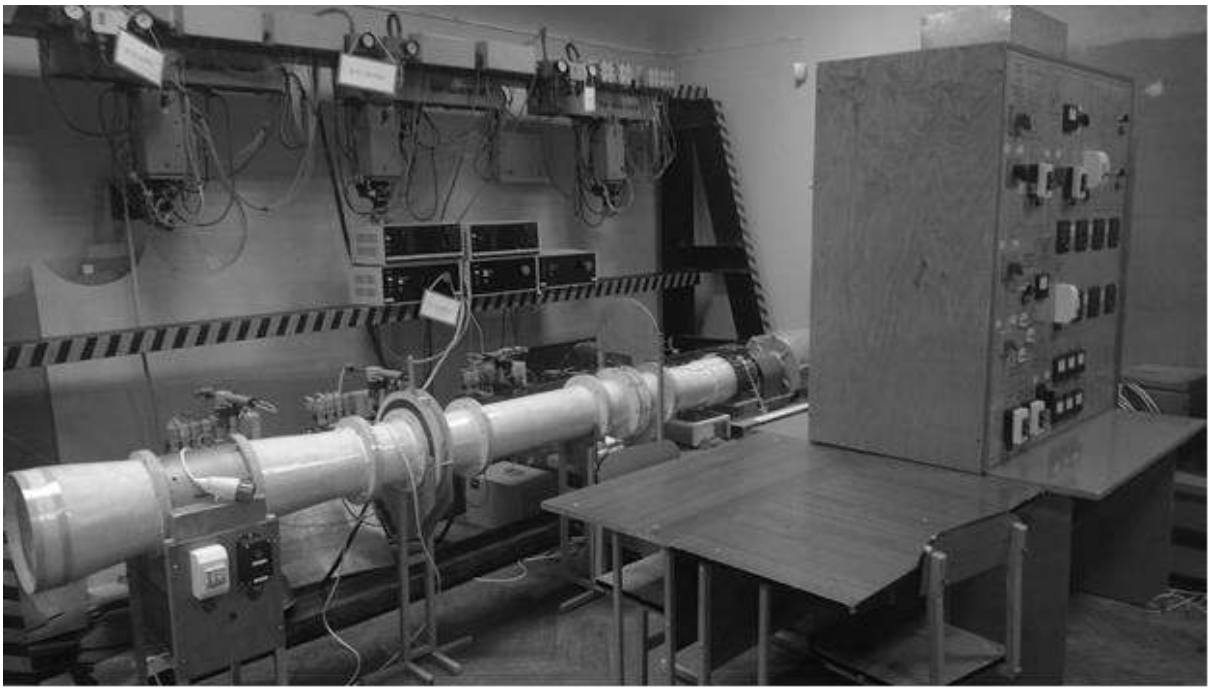


Рис. 1. Научно-исследовательский комплекс

Была рассмотрена концепция лабораторного стенда и его реализация. В [2] была рассмотрена доработка данного комплекса при работе асинхронных электродвигателей от несинусоидального напряжения питания. В [3] была рассмотрена математическая модель теплового состояния асинхронного электродвигателя асинхронного электродвигателя.

Для того, чтобы обеспечить необходимый тепловой режим, каждый электродвигатель оснащается вентилятором, насаживаемым на вал, либо узлом независимой вентиляции. Для исследования вентиляционных режимов работы была разработана и создана согласно [4] аэродинамическая труба.

Аэродинамическая труба предназначена для исследования вентиляционных режимов работы испытуемого асинхронного электродвигателя. Согласно рекомендациям [4] она состоит из нагнетателя (устройства подачи воздушного потока), струевыпрямителя (преобразование воздушного потока из турбулентного в ламинарный), диафрагмы регулирующей (регулирование сечения трубы для прохождения воздушного потока), диафрагмы измерительной (узел, на котором смонтированы необходимые датчики для исследования вентиляционных характеристик вентилятора

или вентиляционных режимов асинхронных электродвигателей). В качестве измерительных элементов могут выступать как датчики, так и мобильные приборы и комплексы (анемометры, термоанемометры, метеостанции и др.).

Параллельно было разработано программное обеспечение «IM View», в котором одним из модулей является исследование вентиляционных режимов [5]. Данный модуль имеет два основных режима: расчет аэродинамических характеристик на основе геометрических данных вентиляционной сети асинхронного электродвигателя, и непосредственное получение экспериментальных данных.

Полученный аппаратно-программный комплекс позволяет исследовать как тепловые, так и вентиляционные режимы исследуемого асинхронного электродвигателя в связке. Основным направлением дальнейшего развития программного обеспечения «IM View» является доработка вентиляционного модуля в плане возможности работы с узлом независимой вентиляции.

Источники

1. Третьяков А.С. Разработка программно-аппаратного комплекса для исследования и прогнозирования тепловых режимов асинхронных электродвигателей // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VI Нац. науч.-практ. конф. В 2 т. Казань, 2020. Т. 2. С. 39–41.

2. Третьяков А.С. Разработка программного обеспечения для контроля теплового состояния асинхронного электропривода в рамках системы «ПЧ-АД» // Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов: матер. 7-й Междунар. науч.-техн. конф. Могилев, 2020. Т. 2. С. 208–212.

3. Третьяков А.С., Капитонов О.А. Моделирование тепловентиляционных режимов работы асинхронных электродвигателей при питании от синусоидального источника напряжения // Вестн. ГГТУ им. П.О. Сухого. 2018. № 2 (73). С. 66–73.

4. ГОСТ 10921-2017. Вентиляторы радиальные и осевые. Методы аэродинамических испытаний. М.: Стандартинформ, 2018. 44 с.

5. Третьяков А.С. Модернизация программного обеспечения «IM View» для исследования тепловентиляционных режимов асинхронных электродвигателей // САПР и моделирование в современной электронике: матер. V Междунар. науч.-практ. конф. Брянск, 2021. С. 96–98.

УДК 621-313.3

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ТИХОХОДНОГО ПАССАЖИРСКОГО ЛИФТА ORONA 3G 1015

Трифонов Данил Николаевич[1], Мухаметгалеев Танир Хамитевич[2]
[1]ФГБОУ «КНИТУ-КХТИ», [2]ФГБОУ ВО «КГЭУ»
г. Казань
[1]danil_trifonov_2000@mail.ru, [2]banzay-13-13@yandex.ru

В статье рассмотрены вопросы модернизации электропривода пассажирского лифта, чтобы заменить устаревший двухскоростной асинхронный электропривод на частотно-регулируемый. Был рассчитан и выбран электродвигатель, преобразователь частоты, а также новая элементная база для пуска и защиты электропривода.

Ключевые слова: асинхронный электропривод, лифт пассажирский, преобразователь частоты, энергоэффективность.

MODERNIZATION OF THE ELECTRIC DRIVE OF A SILENT PASSENGER ELEVATOR ORONA 3G 1015

Trifonov Danil Nikolaevich[1], Mukhametgaleev Tanir Khamitevich[2]
[1]KNRTU, [2]Kazan State Power Engineering University
Kazan
[1]danil_trifonov_2000@mail.ru, [2]banzay-13-13@yandex.ru

The article deals with the issues of modernizing the electric drive of a passenger elevator in order to replace the outdated two-speed asynchronous electric drive with a frequency-controlled one. An electric motor, a frequency converter, as well as a new element base for starting and protecting the electric drive were calculated and selected.

Keywords: asynchronous electric drive, passenger elevator, frequency converter, energy efficiency.

Сегодня лифт – это неотъемлемая часть среды обитания человека. Всего лишь за один век человечество создало полностью автоматизированную систему внутренней транспортировки пассажиров и грузов в зданиях, которая надежна и не требует от людей специальных знаний.

Принцип работы лифта заключается в следующем: при нажатии кнопки вызова лифта в аппаратуру управления подается электрический сигнал. Если кабина находится на нужной остановке, то двери кабины и шахты открываются. Если кабина на другом этаже, то подается команда на движение. Двигатель запускается, тормоз отпускает, и ротор электродвигателя начинает вращаться.

Статистические данные показывают, что среднее годовое потребление электроэнергии одним лифтом варьирует от 5 000 до 18 000 кВт · ч электроэнергии, что составляет от 5 до 7 % от общего показателя потребления электроэнергии всем домом. В настоящее время существуют технические решения, которые позволяют значительно снизить потребление электроэнергии лифтами. Применяются следующие латинские буквенные обозначения классов энергетической эффективности лифтов – с *A* по *G*. Класс *A* применяется для обозначения лифтов с наибольшей энергетической эффективностью, класс *G* – для обозначения лифтов с наименьшей энергетической эффективностью. Из названия нашего лифта (ORONA 3G 1015) следует, что он обладает наименьшей энергетической эффективностью.

На сегодняшний день электроснабжение является одной из лидирующих задач в области энергетики. К ней можно отнести и экономию электроэнергии за счет новых технологий. Одной из таких технологий является частотный преобразователь в электрическом приводе.

На всех лифтах, используемых сегодня, применяются двухскоростные нерегулируемые асинхронные электроприводы. Большие пусковые токи и резкие толчки при пуске и торможении неблагоприятно сказываются на лифтовом оборудовании, а сложность в обслуживании и дорогостоящий ремонт приводят к продолжительным простоям. Поскольку замена лифта – дело дорогостоящее, чаще проводиться модернизация. Модернизация лифта – это обновление, усовершенствование узлов, обеспечивающее их новый качественный технический уровень, при сохранении основных.

В результате выполнения данного проекта будет выполнена модернизация электрооборудования быстроходного пассажирского лифта, путем внедрения в систему управления преобразователя частоты, также будет произведен выбор главного двигателя, питающих кабелей, пусковой и защитной аппаратуры, будут рассмотрены особенности системы управления лифтами для построения наилучших характеристик для системы автоматического управления, будет выполнена оценка энергопотребления и сравнительный анализ технических показателей. С помощью этой модернизации мы усовершенствуем лифтовое оборудование и обеспечим его новый качественный уровень.

Используя частотный преобразователь мы добьемся увеличения долговечности механического оборудования, повышения надежности, повышения точности остановки и комфортного движения лифта для пассажиров, снижения уровня шума в подъезде, а также экономии электрической энергии до 40–60 %.

Источники

1. Акимов Л.В., Котляров В.О., Литвиненко Д.Г. Динамические параметры асинхронных двигателей частотно-регулируемых электроприводов // Електротехніка і Електромеханіка. 2011. № 3. С. 10–14.

2. Электроприводы лифтов с асинхронными двигателями / Н.А. Ротанов [и др.]; под ред. Н.А. Ротанова. М.: Транспорт, 1991. 336 с.

3. Копылов И.П., Клоков В.Г. Справочник по электрическим машинам. М.: Энергоиздат, 1988. 260 с.

4. Технические характеристики общепромышленных двигателей АИР [Электронный ресурс]. URL: https://megavattspb.ru/prod1-1-th.html (дата обращения: 23.10.2022).

5. Муфта МУВП [Электронный ресурс] // Росмуфта: сайт. URL: https:// rosmufta.com/ catalog/ mufti_uprugie/muvp/ (дата обращения: 23.10.2022).

УДК 621.316.1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТ МНОГОМОДОВЫХ КОЛЕБАНИЙ ПЕРЕХОДНОГО СИГНАЛА

Тухфатуллин Искандер Радикович[1], Хузяшев Рустэм Газизович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]iskander.tukhfatullin@mail.ru, [2]142892@mail.ru

Определяются частоты свободных колебаний в двухконтурной цепи, в которой наблюдается переходной процесс.

Ключевые слова: PSCAD, мода, сигнал переходного процесса, RLC-параметры, частота свободных колебаний.

THE DETERMINATION OF TRANSIENT SIGNAL'S FREQUENCIES OF THE MULTIMODE OSCILLATIONS

Tukhfatullin Iskander Radikovich[1], Khuzyashev Rustem Gazizovich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]iskander.tukhfatullin@mail.ru, [2]142892@mail.ru

The frequencies of free oscillations in a two-circuit circuit, in which a transient process is observed, are determined.

Keywords: PSCAD, mode, transient signal, RLC-parameters, free oscillation frequency.

Моделирование распространения СПП отражено в работах [1, 2]. В КГЭУ практическое развитие волнового метода определения места повреждения началось в 2009 г. с оформления соответствующего патента [3].

Для линий электропередач (ЛЭП) до сих пор не существует реально используемых эффективных методов дистанционного определения места (зоны) повреждения. В связи с этим исследование и разработка методов дистанционного определения места повреждения представляет практический интерес.

На данный момент имеется численное решение тока лишь для одноконтурной цепи [4]. В [5] была получена формула напряжения для многоконтруной цепи. Задача статьи: проверить подлинность формул, полученных в статье при помощи моделирования сигналов переходного процесса в пакете PSCAD.

В [5] показано, что для приближенных расчетов переходных процессов при аварии в кабельных сетях 6–10 кВ можно использовать двухчастотную схему замещения.

В [6] для принципиальной трехфазной схеме замещения линии с распределенными параметрами по методу симметричных составляющих составили двухконтурную схему нулевой последовательности. С учетом замен переменных исходная схема приобретает вид, указанный на рис. 1. На основе этой схемы была составлена цепь в пакете PSCAD.

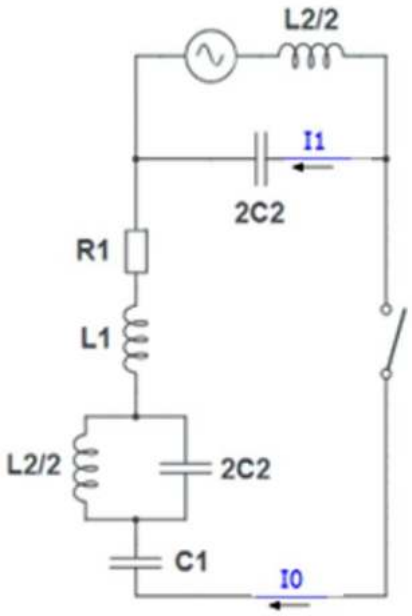


Рис. 1. Схема нулевой последовательности

Обратим внимание, что на низкочастотные колебания первого контура (первой моды) после коммутации накладываются высокочастотные колебания со стороны второго контура (второй моды). То есть, наблюдаем многомодовые свободные колебания. Период колебаний первой моды равен 199,47 мкс, второй моды – 6,28 мкс.

В [5, 6] частота свободных колебаний определяется двумя составляющими: разрядной и зарядной. Периоды разрядной и зарядной составляющих равны 6,28 и 397,48 мкс соответственно.

В ходе работы был использован ещё один способ определения частот свободных колебаний. Так, на рис. 3 источник ЭДС питает двухконтурную схему, в которой ветка с индуктивностью $L_2/2$ обозначена как ветка с сопротивлением Z_1; ветка с ёмкостью $2C_2$ – Z_2; ветка с *RLC*-параметрами – Z_3; участок параллельного соединения $2C_2$ и $L_2/2$ – Z_4. Общее мнимое сопротивление цепи равно:

$$\underline{Z} = \underline{Z_1} + \frac{\underline{Z_2}\underline{Z_3}}{\underline{Z_2} + \underline{Z_3}} = \frac{\underline{Z_1}\left(\underline{Z_2} + \underline{Z_3} + \underline{Z_4}\right) + \underline{Z_2}(\underline{Z_3} + \underline{Z_4})}{\underline{Z_2} + \underline{Z_3} + \underline{Z_4}}.$$

Частоты, при которых полное мнимое сопротивление равно нулю, соответствуют резонансным, или частотам переходного процесса. Они примерно равны 31600 и 1005000 рад/с; периоды равны 198,83 и 6,28 мкс соответственно

Эквивалентирование веток с сопротивлениями для поиска частот переходного процесса соответствует результатам моделирования в PSCAD.

Источники

1. Хузяшев Р.Г., Кузьмин И.Л., Новиков С.И. Анализ параметров свободных колебаний в линии электропередач при моделировании замыканий на землю // Электроэнергетика глазами молодёжи: матер. IV Междунар. науч.-техн. конф. Иваново, 2015. Т. 2. С. 46–50.

2. Исследование скорости распространения сигналов переходных процессов по воздушным линиям электропередачи / Р.Г. Хузяшев [и др.] // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2017. Т. 13, № 3. С. 24–31.

3. Способ определения места однофазного замыкания на землю в разветвленной воздушной линии электропередач: пат. 2372624 Рос. Федерация № 2008109491/28; заявл. 12.03.08; опубл. 10.11.09, Бюл. 31.

4. Основы теории цепей: учеб. пособие для вузов / В.А. Матвиенко. Екатеринбург: УМЦ УПИ, 2016. 162 с.

5. Шуин В.А. Начальные фазовые соотношения электрических величин переходного процесса при замыканиях на землю в кабельных сетях 6–10 кВ // Электричество. 1991. № 10. С. 58–61.

6. Информационные параметры электрических величин переходного процесса для определения места замыкания на землю в распределительных кабельных сетях напряжением 6–10 кВ / В.А. Шуин [и др.] // Вестник ИГЭУ. 2017. № 2. С. 34–42.

УДК 004.94

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГИЛЬЗЫ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ ЧЕТЫРЁХТАКТНОГО ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ В AUTODESK INVENTOR

Филимонов Сергей Сергеевич
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
serfv43@gmail.com

В данной работе рассмотрена возможность инсталляции гильзы блока цилиндров в двигатель внутреннего сгорания. Выполнено моделирование проектируемого объекта с учётом ремонтных допусков и конструктивных особенностей. Оценена эффективность интеграции таких компонентов в двигатели небольших объёмов.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, гильза блока цилиндров, проектирование, инсталляция.

DESIGNING THE COMBUSTION CHAMBER SLEEVE OF A FOUR-STROKE INTERNAL COMBUSTION ENGINE IN AUTODESK INVENTOR

Filimonov Sergey Sergeevich
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
serfv43@gmail.com

In this paper, the possibility of installing a cylinder liner in an internal combustion engine is considered. Modeling of the projected object is carried out taking into account repair tolerances and design features. The efficiency of integration of such components into small-volume engines is evaluated.

Keywords: internal combustion engine, cylinder liner, design, installation.

На данный момент существует проблема увеличения ресурса механизмов для наиболее эффективного использования природных ресурсов. В рамках машиностроения необходимо оптимизировать затраты на расходные материалы. Нужно предусмотреть расходники, которые будут обладать лёгкостью монтажа и демонтажа, небольшой стоимостью и высоким качеством материала относительно цены.

Объектом исследования выступил двухцилиндровый четырёхтактный мотоциклетный двигатель внутреннего сгорания (ДВС) с суммарным объёмом камер сгорания в 1 500 см^3.

В целях экономии средств владельца на ремонт механизма предложено использовать расходные компоненты в наиболее нагруженных трением местах рассматриваемого объекта – двигателя внутреннего сгорания. Исходя из анализа нагруженных мест выдвинута гипотеза проектирования и инсталляции гильзы блока цилиндров.

Для проектирования необходимо рассчитать толщину гильзы, поэтому нужно учитывать несколько параметров: диаметр цилиндра (мм) – D, допускаемое напряжение на растяжение у стальных гильз (МПа) – σ_z, максимальное давление газов в цилиндре двигателя в конце процесса сгорания топлива (МПа) – p_z.

$$\delta_{\text{г}} = 0{,}5D\left(\sqrt{\frac{\sigma_z + 0{,}4p_z}{\sigma_z - 1{,}3p_z}} - 1\right). \quad (1)$$

Исходя из снятых размеров и анализа значений давления и напряжений произведён расчёт по формуле (1). Диаметр цилиндра – 80 мм, напряжение на растяжение исходя из табличных значений – 95 МПа, максимальное давление газов – 1,1 МПа для четырёхтактных инжекторных двигателей. Толщина стенки гильзы составляет приблизительно 4 мм с учетом погрешностей. Установка гильзы производится с натягом – гидравлическим прессом. Посадочная юбка составляет 1 мм и выступает в качестве ограничителя посадки гильзы (рис. 1) [1].

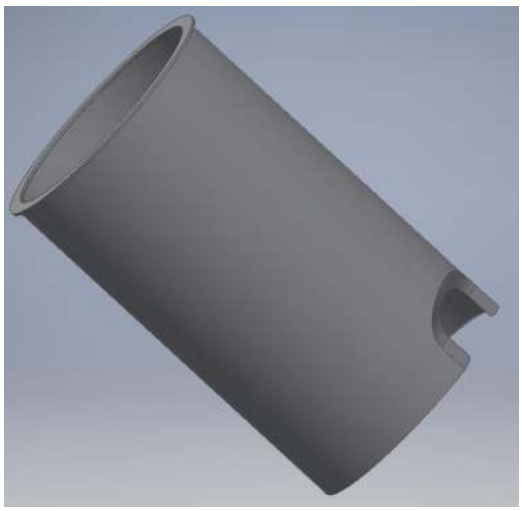


Рис. 3D-модель гильзы блока цилиндра

Для ДВС с небольшим объемом и наличием рёбер охлаждения гильза не должна иметь сложную конструкцию. Под сложной конструкцией подразумевается утолщение гильзы и проделка каналов для охлаждения данной вставки. Поэтому в рамках данной конструкции ДВС оптимально инсталлировать гильзу в блок цилиндров простой конструкции,

без каналов охлаждения. Сталь обладает достаточной теплопроводностью для ДВС с объёмом 1 500 см^3 (рис. 2).

Рис. 2. Модель двигателя внутреннего сгорания с инсталлированными гильзами

Учитывая факторы эксплуатации такой силовой установки можно сделать вывод, что подобранный металл обладает оптимальными характеристиками для установки на мотоциклетную технику.

Источники

1. Филимонов, С. С. Создание механических узлов с помощью динамических трёхмерных моделей в системах автоматизированного проектирования / С. С. Филимонов // Тинчуринские чтения - 2021 «энергетика и цифровая трансформация» : Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3 томах, Казань, 28–30 апреля 2021 года. Том 3. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2021. – С. 126-128. – EDN UMAIPM.

УДК 621.879

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДА МЕХАНИЗМА ПОДЪЁМА КАРЬЕРНОГО ЭКСКАВАТОРА С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ НАГРУЗКИ

Филиппов Родион Анатольевич[1], Малёв Николай Анатольевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[2]maleeev@mail.ru

В работе рассматривается двухмассовая электромеханическая система механизма подъёма карьерного экскаватора с учетом упругих связей канатной передачи. Произведен расчёт и сформирована структурная схема контура регулирования нагрузки в упругом звене двухмассового механизма подъёма. Анализ результатов моделирования показал необходимость синтеза алгоритма коррекции в целях обеспечения инвариантности исследуемой системы к изменениям нагрузки.

Ключевые слова: мехатронная система, экскаватор, контур регулирования, упругие связи, алгоритм коррекции.

SIMULATION ELECTRIC DRIVE OF THE RAISE MECHANISM CAREER EXCAVATOR TAKING INTO ACCOUNT THE FEATURES OF THE LOAD

Filippov Rodion Anatolievich[1], Malev Nikolay Anatolievich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[2]maleeev@mail.ru

The paper considers a two-mass electromechanical system of the raise mechanism of a career excavator, taking into account the elastic connections of the cable transmission. The calculation was made and the block diagram of the load control loop in the elastic link of the two-mass raise mechanism was formed. Analysis of the simulation results showed the need to synthesize a correction algorithm in order to ensure the invariance of the system under study to load changes.

Keywords: mechatronic system, excavator, control loop, correction algorithm.

На рис. 1 показана структурная схема исследуемой мехатронной системы, состоящей из контура регулирования тока с гибкой отрицательной обратной связью по усилию в упругом звене и двухмассового механизма. На рисунке приведены следующие обозначения параметров и переменных: $U_{зт}(s)$ – напряжение задания контура тока; $I_{я}(s)$, $I_{у}(s)$ – ток якоря и «упругий» ток; $I_{с}$ – статический ток; $\omega_{д}(s)$ – угловая скорость вала

двигателя; $\omega_р(s)$ – скорость движения рабочего органа, приведённая к валу двигателя; $T_т$, $\xi_т$ – постоянная времени и коэффициент затухания замкнутого контура якоря; $\sigma_т$ – относительная статическая ошибка, вызванная действием внутренней обратной связи по ЭДС двигателя; $K_{дт}$ – коэффициент передачи датчика тока, $R_э$ – эквивалентное сопротивления якорной цепи двигателя; c – постоянная двигателя; $T_м$, $T_р$ – электромеханические постоянные времени двигателя и рабочего органа; $T_{ун}$ – постоянная времени обратной связи по упругому току; $C_у$, $K_т$ – жесткость упругого звена и коэффициент сил вязкого трения, приведённые к двигателю [1, 2].

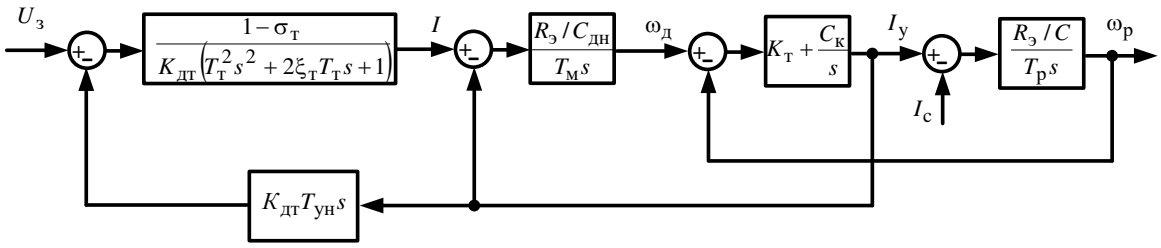


Рис. 1. Структурная схема контура регулирования нагрузки в упругом звене двухмассового механизма подъёма

В приведенную схему введена параллельная гибкая отрицательная обратная связь по нагрузке, позволяющая сохранять приемлемые показатели качества электромеханической системы и улучшить её динамику без риска повышения вероятности длительных простоев экскаватора из-за отказов привода

Расчёт требуемых параметров контура регулирования нагрузки механизма подъёма экскаватора позволил сформировать Simulink-модель мехатронной системы, показанную на рис. 2.

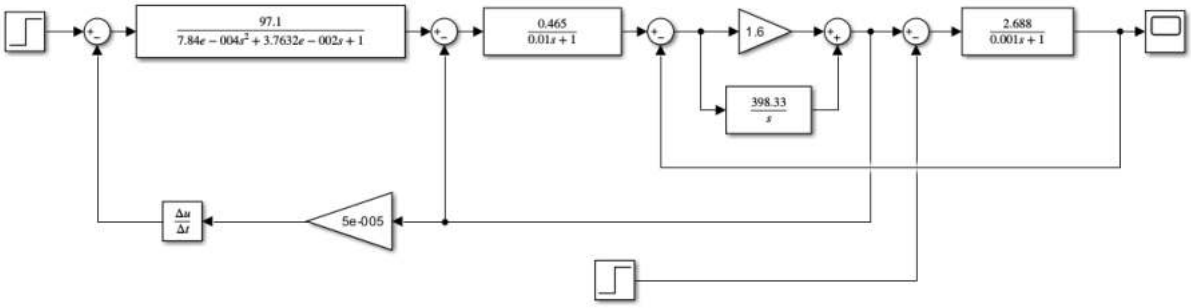


Рис. 2. Simulink-модель контура регулирования нагрузки в упругом звене двухмассового механизма подъёма

График переходного процесса регулируемой величины представлен на рис. 3.

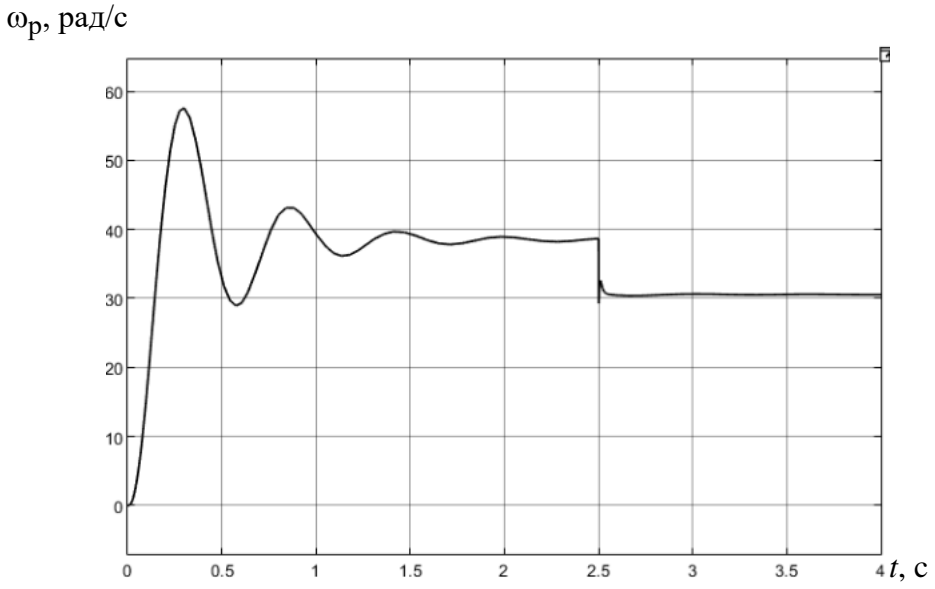


Рис. 3. График угловой скорости рабочего органа

Из анализа полученной зависимости видно, что время переходного процесса без учета нагрузки составляет около 2,5 с, перерегулирование достигает 53 %, а при небольшом изменении нагрузки величиной 15 % от номинальной имеет место существенное в данных условиях уменьшение угловой скорости рабочего органа. Данное обстоятельство обусловливает необходимость синтеза цифрового алгоритма коррекции, обеспечивающего повышение порядка астатизма мехатронной системы и, тем самым, инвариантность к изменениям нагрузки [3].

Источники

1. Ляхомский А.В., Фащиленко В.Н. Управление электромеханическими системами горных машин. М.: Изд-во МГГУ, 2004. 296 с.

2. Sheinman M., Broedersz, MacKintosh F.C. Nonlinear effective-medium theory of disordered spring networks // Physical Review E. 2012. Vol. 85, Iss. 2. DOI: https://doi.org/10.1103/PhysRevE.85.021801.

3. Малёв Н.А., Погодицкий О.В. Исследование и синтез модального регулятора двухмассовой электромеханической системы механизма подъёма крана // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2018. Т. 20, № 7-8. С. 99–106.

УДК 621-313.3

МОДЕРНИЗАЦИЯ ГЛАВНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА 6В11

Хайбуллин Фидаиль Гумерович[1], Мухаметгалеев Танир Хамитевич[2]
[1]ФГБОУ «КНИТУ-КХТИ», [2]ФГБОУ ВО «КГЭУ»
г. Казань
[1]khaibullin.f@yandex.ru, [2]banzay-13-13@yandex.ru

В статье рассмотрены вопросы модернизации электропривода фрезерного станка, чтобы заменить устаревший механически регулируемый электропривод на частотно-регулируемый. Был рассчитан и выбран электродвигатель, преобразователь частоты, а также новая элементная база для пуска и защиты электропривода.

Ключевые слова: асинхронный электропривод, фрезерный станок, преобразователь частоты, энергоэффективность.

MODERNIZATION OF THE MAIN ELECTRIC DRIVE OF THE MILLING MACHINE 6V11

Khaibullin Fidail Gumerovich[1], Mukhametgaleev Tanir Khamitevich[2]
[1]KNRTU, [2]Kazan State Power Engineering University
Kazan
[1]khaibullin.f@yandex.ru, [2]banzay-13-13@yandex.ru

The article deals with the issues of modernization of the electric drive of a milling machine in order to replace the outdated mechanically adjustable electric drive with a frequency-controlled one. An electric motor, a frequency converter, as well as a new element base for starting and protecting the electric drive were calculated and selected.

Keywords: asynchronous electric drive, milling machine, frequency converter, energy efficiency.

Фрезерные станки являются одним из самых распространенных устройств в сфере деревообработки и металлообработки. Принцип их работы основан на вращательном движении фрезы с одновременным поступательным движением обрабатываемой детали.

Фрезерный станок 6В11 имеет подвижную консоль и вертикально расположенную фрезу. В нем стол закреплен на консоли. Это позволяет столу перемещаться в трех направлениях: в продольном, поперечном и вертикальном.

Фрезерные станки с консолью предназначены для обработки деталей средних и небольших размеров. Обычно они используются в условиях единичного и мелкосерийного производства. При наличии в них автоматических режимов и систем ЧПУ они могут применяться в условиях серийного производства.

Вертикальный консольно-фрезерный станок 6В11 предназначена для эксплуатации в условиях серийного производства. У данного станка помимо ручного цикла работы, есть полуавтоматический и автоматический циклы работы.

В данном фрезерном станке привод шпинделя осуществляется от асинхронного двигателя типа АО2-42-4 мощностью 5,5 кВт, с числом оборотов 1440 в минуту. Движение с вала электродвигателя передается с помощью коробки скоростей, которая соединена с предшпиндельным валом при помощи клиноременной передачи. Коробка скоростей имеет 9 ступеней чисел оборотов. Также здесь присутствует перебор, позволяющий увеличивать количество скоростей два раза.

Основными недостатками фрезерного станка 6В11 являются: ступенчатое регулирование скорости вращения шпинделя, необходимость остановки шпинделя при переключении скоростей, недостаточно широкий диапазон частот вращения шпинделя и моментов, отсутствие плавности пуска и недостаточная точность при обработке деталей. Кроме того, коробка скоростей недостаточна надежна, ее поломка приводит к затратам и простою станка, в ней происходят потери энергии и ее надо регулярно обслуживать.

Указанные недостатки устраняются при изменении способа регулирования на бесступенчатое. Для этого необходимо отказаться от коробки скоростей, и для регулирования скорости вращения применять частотный преобразователь. Также нужно установить другой асинхронный двигатель. Необходимость выбора другого электродвигателя связана тем, что из-за отсутствия коробки скоростей момента электродвигателя будет не хватать, например, при выполнении черновой обработки.

Преимущества применения частотного преобразователя в данном станке:

– плавное и бесступенчатое регулирование скорости;

– плавный пуск электродвигателя, что благоприятно влияет на электрическую сеть и для станказа счет ограничения пускового тока и снижения ударный нагрузок;

– регулирование скорости при постоянном моменте или при постоянной мощности;

– сокращение затрат на обслуживание привода станка;

– экономия электроэнергии.

Экономия электроэнергии достигается тем, что при применении частотного преобразователя коэффициент мощности электродвигателя может достигать 0,98. Коэффициент мощности асинхронного двигателя без частотного преобразователя при малых нагрузках составляет 0,3–0,4.

При выполнении модернизации решаются следующие задачи:

– расчет мощности и выбор электродвигателя;

– расчет редуктора;

– выбор частотного преобразователя, пусковой, защитной и вспомогательной аппаратуры;

– синтез системы управления электропривода.

Таким образом, в результате данной модернизации мы получаем плавную и точную работу главного привода фрезерного станка 6В11. Применение бесступенчатого регулирования скорости повышает надежность станка, облегчает и ускоряет работу фрезеровщика.

Источники

1. Курганов А.М. Металлообрабатывающие станки [Электронный ресурс]: учеб. пособие. М.; СПб.: «АСВ»; СПбГАСУ, 1998. 246 с. URL: http://amac.md/Biblioteca /data/28/14/08/ Vodoprovod/ Kurganov.pdf (дата обращения: 27.10.2022).

2. Копылов И.П., Клоков В.Г. Справочник по электрическим машинам. М.: Энергоиздат, 1988. 260 с.

3. Технические характеристики общепромышленных двигателей АИР [Электронный ресурс]. URL: https://megavattspb.ru/prod1-1-th.html (дата обращения: 23.10.2022).

4. 5. Муфта МУВП [Электронный ресурс] // Росмуфта: сайт. URL: https:// rosmufta.com/ catalog/ mufti_uprugie/muvp/ (дата обращения: 23.10.2022).

УДК 621-313.3

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НЕФТЯНОГО КУСТА

Халфина Гульназ Ильдаровна[1], Найдышева Алина Антоновна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань
[1]khalfina2000@mail.ru, [2]chichikovnedurak@mail.ru

В данной статье предложена методика расчета и выбор компонентов электротехнического комплекса нефтяного месторождения. Представлены этапы методы и рассмотрены особенности установки электроцентробежного насоса.

Ключевые слова: методика, электротехнический комплекс, электроцентробежный насос, погружной электродвигатель.

METHOD OF CALCULATION OF THE ELECTROTECHNICAL COMPLEX OF THE OIL BUSH

Gulnaz Ildarovna Khalfina[1] , Alina Antonovna Naidysheva[2]
[1,2]KNRTU-KAI, Kazan
[1]khalfina2000@mail.ru, [2]chichikovnedurak@mail.ru

This article proposes a method of calculation and selection of components of the electrical complex of an oil field. The stages of the method are presented and the features of the installation of an electric centrifugal pump are considered.

Keywords: methodology, electrotechnical complex, electric centrifugal pump, submersible electric motor.

Одной из функций государственного бюджета является стимулирование и развитие экономики, и нефтедобыча играет важную роль в формировании госбюджета в энергетической политике Российской Федерации. Обнаружив нефтяное месторождение, оно искусственно делится на площадки, называемые кустами, в которых добывающие скважины группируются. Данное деление позволяет сократить затраты на сопутствующие коммуникации такие как трубопроводы, линии электропередач и другие. В качестве механизированной добычи скважины оборудуют электроцентробежными насосами, приводом которых в основном являются погружные асинхронные двигатели [1].

Одним из этапов проектирования системы электроснабжения является расчет электротехнического комплекса скважин, и в данной работе представлена методика расчета. Система из погружного электродвигателя,

питающего кабеля и повышающего трансформатора представляет собой электротехнический комплекс. Состав погружной части определяется параметрами скважины, но к основному подземному электрооборудованию относят электроцентробежный насос и погружной электродвигатель [2].

Исходными данными являются параметры электродвигателя. Вследствие того, что добыча нефти происходит на большой глубине под действием таких факторов как высокая температура и давление, воздействие скважинной жидкости, кабели для нефтяной промышленности должны быть устойчивы к жестким условиям эксплуатации. Поэтому для передачи и распределения электрической энергии к погружным электродвигателям применяют специальные кабели типа КПБП и КРБК [3].

Таким образом, первым этапом является расчет сечения питающего кабеля для каждой скважины по экономической плотности тока по следующей формуле:

$$S = \frac{I}{j_{эк}}, \tag{1}$$

где S – сечение кабеля; I – рабочий ток ПЭД; $j_{эк}$ – нормированное значение экономической плотности тока.

Для повышения напряжения до номинального напряжения двигателя и для компенсации потерь в кабеле и других элементах питающей сети, с учетом условий эксплуатаций, применяются специальные силовые масляные повышающие трансформаторы питания погружных насосов типа ТМПН, имеющий большое количество отпаек на высокой стороне для повышения напряжения до рабочего значения электродвигателя [3].

Выбор повышающего трансформатора является следующим этапом по формулам:

$$S_{ПЭД} = \frac{P_{ПЭД}}{\cos\varphi}, \tag{2}$$

где $S_{ПЭД}$ – полная мощность ПЭД; $\cos\varphi$ – коэффициент мощности; $P_{ПЭД}$ – расчетная электрическая мощность погружного электродвигателя:

$$P_{ПЭД} = \frac{P_{Н} \cdot 100}{\eta}, \tag{3}$$

где $P_{ПЭД}$ – номинальная мощность ПЭД; η – значение КПД двигателя.

Выбор трансформатора производится с учетом того, что его номинальная мощность должна быть больше номинальной мощности электродвигателя.

Далее следует проверить выбранный трансформатор по току, чтобы ток во вторичной обмотке трансформатора превышал ток погружного электродвигателя. Ток во вторичной обмотке находим по формуле:

$$I_{2тр}=\frac{S_{н}тр}{\sqrt{3}*U_{н}пэд}, \quad (4)$$

где $U_{н}$пэд – номинальное напряжение погружного двигателя.

Таким образом, электротехнический комплекс, оборудованные ЭЦН, представляют собой электроцентробежный насос для добычи полезного ископаемого, приводом которого служит погружной асинхронный двигатель, питание которого происходит по погружному кабелю КПБП достигающий 3км, питание идет от повышающий трансформатора, который повышает напряжение от ТП до необходимого для ПЭД напряжения. Основными пунктами метода расчета являются:

1) выбор питающего кабеля;

2) выбор повышающего трансформатора с проверкой условия токов вторичной обмотки трансформатора

Источники

1. Городнов А.Г. Построение энергоэффективных электротехнических комплексов с автономной системой электроснабжения // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Том 22, № 3. С. 64–78.

2. Городнов А.Г. Оценка энергоэффективности электротехнического комплекса нефтедобывающего предприятия с автономной системой электроснабжения // Инновационная наука в глобализующемся мире: матер. VII Междунар. науч.-практ. конф. Уфа, 2020. С. 30–31.

3. Gabor Takacs. Electrical Submersible Pumps Manual: Design, Operations and Maintenance. 2nd Ed. Elsevier, 2017. 578 p.

УДК 621-313.3

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА 1А62

Ханов Фаяз Рустемович[1], МухаметгалеевТанир Хамитевич[2]
[1]ФГБОУ «КНИТУ-КХТИ», [2]ФГБОУ ВО «КГЭУ»
г. Казань
[1]fayaz.hanov@mail.ru, [2]banzay-13-13@yandex.ru

В статье рассмотрены вопросы модернизации электропривода токарно-винторезного станка, чтобы обеспечить режим рационального электропотребления. Был рассчитан и выбран электродвигатель, преобразователь частоты, а также новая элементная база для пуска и защиты электропривода.

Ключевые слова: асинхронный электропривод, токарно-винторезный станок, преобразователь частоты, энергоэффективность.

MODERNIZATION OF THE ELECTRIC DRIVE OF THE SCREW-CUTTING MACHINE 1A62

Khanov Fayaz Rustemovich[1], MukhametgaleevTanirKhamitevich[2]
[1]KNRTU, [2]Kazan State Power Engineering University
Kazan
[1]fayaz.hanov@mail.ru, [2]banzay-13-13@yandex.ru

The article deals with the issues of modernizing the electric drive of a screw-cutting lathe in order to ensure a rational power consumption mode. An electric motor, a frequency converter, as well as a new element base for starting and protecting the electric drive were calculated and selected.

Keywords: asynchronous electric drive, screw-cutting lathe, frequency converter, energy efficiency.

Целью данной работы является модернизация электропривода токарно-винторезного станка 1А62. Токарно-винторезные станки являются одним из подгрупп металлорежущего оборудования. Они предусмотрены для обработки тел путем снятия слоя материала. Благодаря токарным станкам создавались такие виды станков как: шлифовальные, сверлильные, расточной и др.

Токарные станки являются одним из древнейших станков. На нем можно выполнять различные виды токарной обработки: обтачивание, растачивание, сверление, подрезку торцов, отрезку, нарезание резьбы и другие работы [1].

Принцип работы станка заключается в следующем.

Производится вращательное движение в горизонтальной плоскости планшайбы, в которой закрепляется обрабатываемая деталь. Режущие инструменты закрепляются в боковой и верхних суппортах. Боковой суппорт служит в основном для обточки наружных поверхностей, выточки канавок и подрезки торцов; в его четырехпозиционной головке закрепляются резцы различных типов. Верхний поворотный суппорт используется для обработки наружных и внутренних конических поверхностей.

Токарно-винторезный станок 1А62 предназначен для выполнения самых разнообразных токарных, резьбонарезных и сверлильных работ. Станок позволяет нарезать метрические, дюймовые, модульные и питчевые резьбы.

В данном токарном станке главный привод осуществляется от асинхронного двигателя типа А52-4 мощностью 7 кВт, с числом оборотов 1 460 в минуту. Электродвигатель подает энергию, которая в коробке скоростей превращается в силу движения – вращение передается на планшайбу. Эти элементы заставляют вращаться заготовку. Можно выбрать одну из 21 скоростей прямого вращения шпинделя и 12 – обратного [2].

Недостатком данного станка являются: ступенчатое регулирование скоростей, недостаточно широкий диапазон частот вращения шпинделя и моментов, большие потери в коробке передач, а также невозможность мягкого пуска и точного поддержания необходимых параметров при обработке деталей. Также коробка скоростей не очень надежна, поломка может привезти к простою станка и большим затратам, в нем происходят потери и его нужно часто обслуживать [3].

Указанные недостатки должны быть устранены путем внесения следующих конструкционных изменений. Необходимо убрать коробку скоростей. Рассчитать мощность, поставить преобразователь частоты и асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором. Новый двигатель необходимо выбрать, потому что будет отсутствовать коробка скоростей и момента двигателя может быть недостаточно. Выбор частотного преобразователя обеспечит надежную работу главного привода станка и позволит сохранить все необходимые крутящие моменты шпинделя без переключения скоростей [4].

Преимущества применения частотного преобразователя в данном станке:

– экономия энергоресурсов;

– высокое качество регулирования;

– легкость в эксплуатации и обслуживании;

– регулирование частоты вращения в широких пределах – от нуля до предела механической стойкости установки;

– высокий коэффициент мощности.

Применение частотных преобразователей позволяет существенно сократить потребление ими электроэнергии за счет уменьшение номинальных оборотов [5].

Таким образом, модернизация токарно-винторезного станка 1А62 позволит ускорить работу вытачивания деталей, обеспечит плавную и точную работу главного привода станка. Частотный преобразователь позволит упростить процесс вытачивания, тем самым облегчит работу токаря и увеличит надежность станка.

Источники

1. Резание конструкционных материалов, режущие инструменты и станки / под ред. проф. П.Г. Петрухи. 2-е изд., перераб. и доп. М.: «Машиностроение», 1974. 616 с.

2. Сведения о производителе токарно-винторезного станка 1А62 [Электронный ресурс]. URL: http://stanki-katalog.ru/sprav_1a62.htm (дата обращения: 23.10.2022).

3. Копылов И.П., Клоков В.Г. Справочник по электрическим машинам. М.: Энергоиздат, 1988. 260 с.

4. Андрианов В.Н. Электрические машины и аппараты. М.: «Колос», 1971. 448 с.

5. Осипов О.И. Частотно-регулируемый асинхронный электропривод: Типовые решения и техника современного электропривода. М.: Издательство МЭИ, 2002. 79 с.

УДК 621-313.3

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА БЕТОНОСМЕСИТЕЛЯ СБ-93

Цатурян Эмиль Багратович[1],МухаметгалеевТанир Хамитевич[2],
Толмачева Аурелия Владимировна[3]
[1,3]ФГБОУ «КНИТУ-КХТИ», [2]ФГБОУ ВО «КГЭУ»,
г. Казань
[1]tsaturyan.emil@yandex.ru, [2]banzay-13-13@yandex.ru, [3] gorgik @yandex.ru

В статье рассмотрены вопросы модернизации электропривода бетоносмесителя, чтобы заменить устаревший нерегулируемый электропривод на частотно-регулируемый. Был рассчитан и выбран электродвигатель, преобразователь частоты, а также новая элементная база для пуска и защиты электропривода.

Ключевые слова: асинхронный электропривод, бетоносмеситель, преобразователь частоты, энергоэффективность.

MODERNIZATION OF ELECTRIC DRIVE OF CONCRETE MIXER SB-93

Tsaturyan Emil Bagratovich[1], Mukhametgaleev Tanir Khamitevich[2],
Tolmacheva Aurelia Vladimirovna[3]
[1,3]KNRTU, [2]Kazan State Power Engineering University
Kazan
[1]tsaturyan.emil@yandex.ru, [2]banzay-13-13@yandex.ru, [3] gorgik @yandex.ru

The article deals with the issues of modernizing the electric drive of a concrete mixer in order to replace the outdated unregulated electric drive with a frequency-controlled one. An electric motor, a frequency converter, as well as a new element base for starting and protecting the electric drive were calculated and selected.

Keywords: quadcopter, gyroscope, microcontroller, accelerometer, battery, brushless motor.

Для приготовления строительных растворов применяются передвижной и стационарный бетоносмеситель. Для получения бетонов и растворов, обладающих заданными свойствами, необходимо не только правильно подобрать материалы и точно их дозировать, но и тщательно перемешать, чтобы частицы вяжущего вещества (цемента, извести, гипса) были равномерно увлажнены и обволакивали частицы заполнителя (песка, щебня, гравия), а мелкие частицы заполняли промежутки между крупными и обеспечивали наибольшую плотность массы [1].

На сегодняшний день существует большое количество марок бетонных смесей, для которых требуется качественное и равномерное перемешивание и это является одним из главных критериев оценки качества смеси. Так как марок бетонной смеси большое количество, замес требует разной скорости перемешивания материалов.

В данной работе производится модернизация электропривода роторного бетоносмесителя СБ-93. Главной целью модернизации является регулирование скорости вращения лопастей бетоносмесителя, что даст возможность получать бетонные смеси различных марок.

Бетоносмесители классифицируют по трем основным признакам:

– условия эксплуатации;

– режим работы;

– способ смешивания

По способу смешивания бетоносмесители разделяются на гравитационные и смесители принудительного действия.

Гравитационные цикличные смесители характеризуются несложными конструкцией и кинематической схемой, возможностью работать с запол-нителями крупностью 120–150 мм, незначительным изнашиванием рабочих органов, малой энергоемкостью процесса, простотой обслуживания и эксплуатации, низкой себестоимостью. Оптимальное время смешивания в таких смесителях составляет 60–120 с, а полный цикл, включая нагрузку, смешивание, выгрузку и возврат барабана в исходное положение, колеблется от 90 до 180 с.

В смесителях принудительного действия потоки смешиваемой массы создаются лопастями, движущимися внутри смесительной емкости [2].

К преимуществам смесителей принудительного действия относятся большая активность процесса, предотвращение комкования смеси, к недостаткам – ограниченное применение крупных заполнителей, большая энергоемкость процесса, значительный износ рабочих поверхностей, высокая себестоимость процесса. Оптимальное время смешивания составляет 30–50 с, полный цикл – 75–120 с [3].

Для получения требуемой однородности бетонной смеси перемешивание компонентов длится 45 минут, а для приготовления растворной смеси перемешивание продолжается 70–80 с. Мощность привода ротора составляет 40 кВт. Режим работы бетоносмесителя повторно – кратковременный.

Бетоносмеситель будет работать в нормальных условиях, именно в умеренном-холодном климате.

Основные технологические требования к модернизируемому электроприводу бетоносмесителя:

– возможность мягкого пуска, что благоприятно для электрической сети, а также для бетоносмесителя [4];

– возможность регулировать скорость вращения, возможность регулировать технологический процесс по перемешиванию бетонной смеси;

– энергосбережение за счёт регулирования скорости вращения.

Для данной модернизации путём внедрения преобразователя частоты (ПЧ) будут решаться следующие цели:

1) обеспечение плавного пуска, что положительно сказывается на работе электрической сети;

2) позволяет регулировать скорость вращения, которая в свою очередь даёт возможность регулировать технологический процесс по перемешиванию бетонной смеси;

3) снижает энергопотребление за счёт регулирования скорости вращения.

Основные задачи:

– расчет мощности электродвигателя и выбор электродвигателя;

– расчет редуктора;

– выбор частотного преобразователя;

– синтез системы управления электропривода.

Таким образом, в результате данной модернизации мы получаем точную работу электропривода бетоносмесителя СБ-93.

Источники

1. Производство бетонной смеси в бетоносмесителе СБ-93 [Электронный ресурс]. URL: http:////www.str-t.ru/spravochnik/betonosmesiteli/72 (дата обращения: 07.10.2022).

2. Бетоносмесители. Виды, характеристики, устройство бетоносмесителей [Электронный ресурс]. URL: https://itexn.com/2314_betonosmesiteli-vidy-harakteristiki-ustrojstvo-betonosmesitelej.html (дата обращения: 23.10.2022).

3. Стационарные цикличные гравитационные смесители [Электронный ресурс]. URL: https://studfile.net/preview/9933537/page:3/ (дата обращения: 22.10.2022).

4. Муфта упругая втулочно-пальцевая (МУВП) [Электронный ресурс]. URL: https://rosmufta.com/catalog/mufti_uprugie/muvp/ (дата обращения: 24.02.2022).

УДК 67.95-5

АВТОМАТИЗАЦИЯ В СИСТЕМЕ ВЕНТИЛЯЦИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЛАЖНОСТИ ПОМЕЩЕНИЯ

Цветкова Анастасия Алексеевна[1], Цветков Алексей Николаевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2]nedegradant@mail.ru

Необходимость автоматизации работы предприятий является актуальной на сегодняшний день. В статье рассказывается о внедрении элементов автоматизации в вентиляционную систему спортивно-оздоровительного комплекса для экономии электрической и тепловой энергии.

Ключевые слова: электроснабжение, частотный преобразователь, датчик влажности, вентиляция.

AUTOMATION IN THE VENTILATION SYSTEM DEPENDING ON THE HUMIDITY OF THE ROOM

Tsvetkova Anastasia Alekseevna[1], Tsvetkov Alexey Nikolaevich[2]
Kazan State Power Engineering University, Kazan
nedegradant@mail.ru

The need to automate the work of enterprises is relevant today. The article describes the introduction of automation elements into the ventilation system of a sports and recreation complex to save electrical and thermal energy.

Keywords: power supply, frequency converter, humidity sensor, ventilation.

На сегодняшний день внедрение автоматизации производства является актуальным вопросом. В рамках помещений с особой влажностью рассматриваемого спортивно-оздоровительного комплекса необходимо оптимизировать контроль работы вентиляционной системы. К примеру, увеличить воздухообмен в слишком влажном помещении – «продуть», или же наоборот, уменьшить количество подаваемого и уходящего воздуха, если помещение достаточно сухое, тем самым сэкономить электрическую и тепловую энергию.

Объектом исследования выступила автоматизация вентиляционной системы за счет внедрения датчика контроля температуры и влажности, частотного преобразователя.

Выход сигнала датчика и управляющий вход сигнала преобразователя должны совпадать, поэтому были выбраны частотный преобразователь Danfoss VLT® Micro Drive FC 51 (0,75 кВт, 1 Ф, 220 В) 132F0003

и калибруемый канальный датчик влажности и температуры KFTF-U-PT1000-PLEURO. При этом преобразователь частоты настраивается таким образом, что в зависимости от уровня влажности, измеренной датчиком, изменяется производительность вентустановки путем изменения частоты вращения вентилятора частотным преобразователем. Так при высоком уровне влажности частота преобразователя будет максимальной (на уровне 50 Гц), а при снижении влажности до приемлемого уровня, частота преобразователя может быть снижена до 60 % (до уровня 30 Гц). Датчик температуры и влажности имеет аналоговый выходной сигнал (0–10 В или 4–20 мА), который подключен к аналоговому входу управления преобразователя. В преобразователе выполняется ряд настроек, задающих частоту вращения вентилятора в зависимости от уровня входного сигнала (рис. 1).

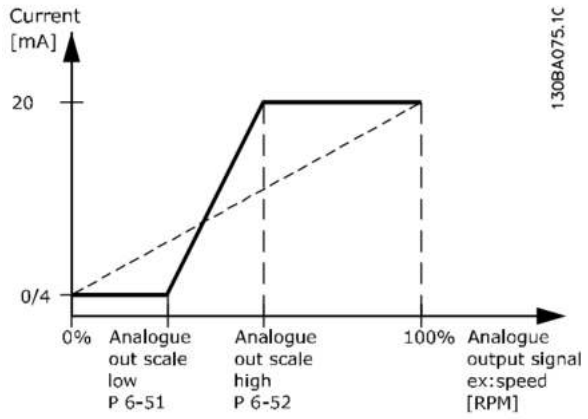


Рис. 1. Настройка частоты вращения вентилятора
в зависимости от уровня входного сигнала

Для реализации экономии энергии необходимы параметры воздухообмена.

Для рассматриваемого этажа:

– бани: П1 = 6 650 м^3/ч, П2 = 1 030 м^3/ч, В2 = 1 300 м^3/ч, В3 = 1270 м^3/ч, В4 = 400 м^3/ч, В5 = 1 600 м^3/ч.

– остальные помещения: П1 = 6650 м^3/ч, П3 = 1 620 м^3/ч, П4 = 225 м^3/ч, В1 = 5 010 м^3/ч, В7 = 800 м^3/ч, В8 = 3 030 м^3/ч.

Мы получили воздухообмен от приточных и вытяжных вентустановок.

Исходя из СНиП и СанПиН, произведен расчет минимальных допустимых параметров вентиляционных установок, при которых температура и влажность в помещениях будет соответствовать норме (см. таблицу).

Расчет минимальных допустимых параметров вентиляционных установок

Группа	Средний воздухообмен в дневное время работы, $м^3/ч$	Норма воздухообмена на 1 метр по СНиП, $м^3/ч$	Процент снижения параметров, %
Бани	6227	20	40
Остальные помещения	35894	40	40

Группа	Норма воздухообмена на площадь помещений, $м^2$	Конечное значение воздухообмена в ночное время, $м^3/ч$
Бани	3080	2491
Остальные помещения	22782	14358

Расчетные параметры работы вентиляторов с применением преобразователей частоты могут быть представлены графически и показывают изменение потребления энергии в зависимости от снижения параметров вентиляционных установок, в частности частоты вращения (рис. 2).

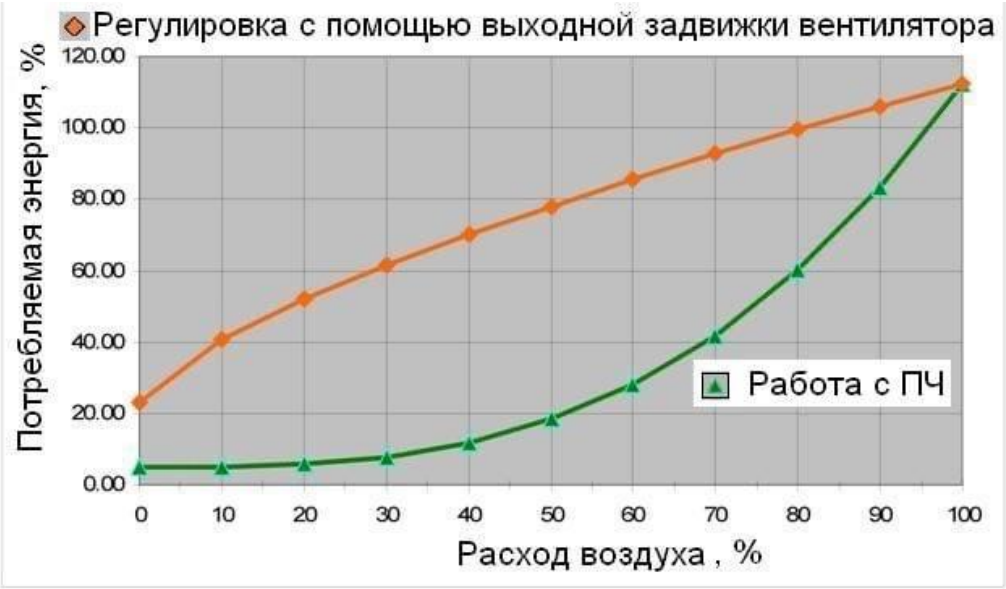


Рис. 2. Изменение потребляемой энергии вентустановок в зависимости от производительности

Однако проведенные эксперименты показывают отклонение от расчетных данных, вызванное особыми условиями работы вентустановки на сложную систему вентканалов и различной плотности воздушного

потока в зависимости от температуры. Результаты эксперимента приведены на рис. 3. Так при снижении производительности установки П5 на 24 %, потребляемая мощность снизилась на 30 %, а по установке П7 при снижении производительности на 12 %, потребляемая мощность снизилась на 30 %, т. . на установке П7 мероприятия по снижению энергозатрат более эффективные. Поэтому расчет экономии электроэнергии должен быть связан с постановкой эксперимента в различных условиях работы.

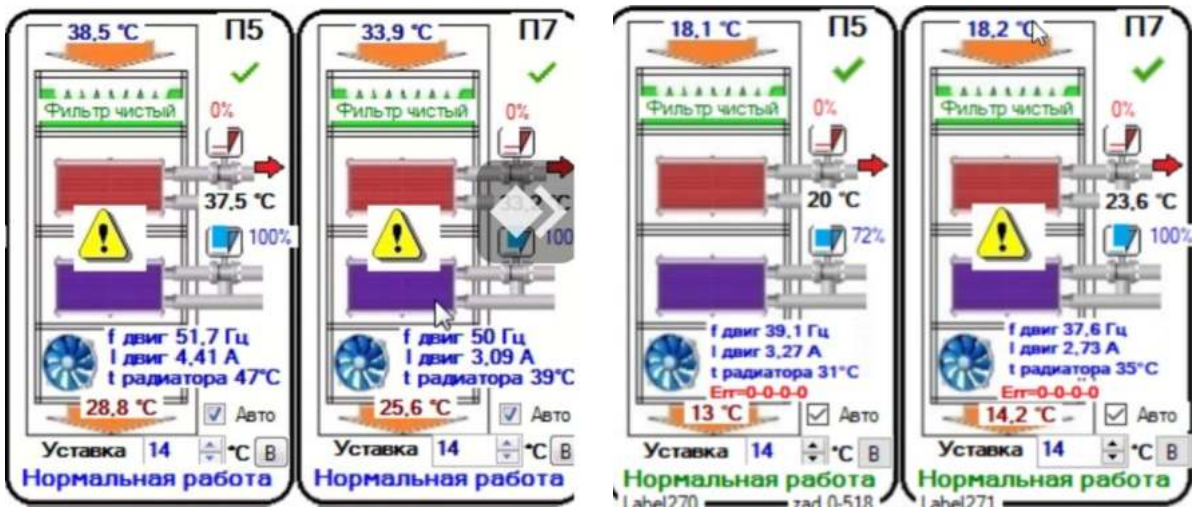


Рис 3. Режимы работы вентустановок в зависимости от заданной скорости вращения вентилятора (производительности): работа с производительностью 100 % (*слева*); со сниженной производительностью примерно на 30 % (*справа*)

Совокупная работа рассмотренных элементов автоматизации позволит сократить потребление электрической и тепловой энергии. В дальнейшем планируется построение модели вентсистемы для определения степени экономии энергии при различных уровнях производительности и температурах воздуха, которая в том числе позволит смоделировать процесс осушения воздуха в помещении.

Источники

1. Цветкова А.А. Оптимизация режимов работы вентиляционных установок для введения «ночного» экономного режима работы // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике: матер. Междунар. молодежной науч. конф. Казань, 2022.

2. Синюкова Т.В., Синюков А.В. Регулирование температуры индивидуального теплового пункта изменением частоты вращения асинхронного двигателя // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 4. С. 156–165.

3. Цветкова А.А. Автоматическое регулирование температуры плавательного бассейна большого объема // Тезисы докладов двадцать седьмой международной научно-технической конференции студентов и аспирантов. Москва, 2021.

УДК 681.51

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПУСТИМОГО ДИАПАЗОНА ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СЛЕДЯЩЕГО ВЕНТИЛЬНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Чиляева Маргарита Романовна[1], Малёв Николай Анатольевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[2]maleeev@mail.ru

В работе анализируются динамические характеристики линеаризованной математической модели следящего электропривода с вентильным двигателем. Условия стабильной и устойчивой работы электропривода при измерении параметров определяются на основе критерия Рауса-Гурвица. Получены аналитические выражения и соответствующие числовые значения, характеризующие допустимый диапазон изменения параметров следящего вентильного электропривода.

Ключевые слова: анализ, электропривод, устойчивость, вариации параметров.

DETERMINING THE PERMISSIBLE RANGE VARIATIONS PARAMETERS OF THE BRUSHLESS SERVO DRIVE

Chilyaeva Margarita Romanovna[1], Malev Nikolay Anatolievich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[2]maleeev@mail.ru

The paper analyzes the dynamic characteristics of a linearized mathematical model of a servo drive with a brushless motor. The conditions for stable and sustainable operation electric drive during parameter measurements are determined based on the Routh-Hurwitz criterion. Analytical expressions and the corresponding numerical values characterizing the permissible range of changes in the parameters of the brushless electric drive are obtained.

Keywords: analysis, electric drive, stability, parameter variations.

Параметры реальных электромеханических систем не обладают абсолютной стабильностью [1, 2]. Изменения параметров в процессе функционирования могут быть вызваны:

– влиянием внешней среды (температуры, влажности, давления и др.);

– старением и износом элементов;

– нелинейностью характеристик элементов.

В качестве объекта исследования рассматривается следящий электропривод с вентильным двигателем типа ДВУ2М. Известно, что при малых задающих воздействиях в математической модели вентильного двигателя

не проявляются перекрестные связи и нелинейными взаимодействиями между токами по продольной и поперечной осям можно пренебречь [3, 4]. Тогда с приемлемой точностью вентильный двигатель может быть описан выражением:

$$W_{\text{дв}}(s) = \frac{K_{\text{дв}}}{\frac{L_q J}{c^2} s^2 + \frac{R_{\text{ф}} J}{c^2} s + 1},$$

где $L_q = 1{,}886$ мГн – индуктивность обмотки статора по поперечной оси; $c = p\Phi_0 = 1 \cdot 0{,}11 = 0{,}11$ Вб – коэффициент потока; p – число пар полюсов; $R_{\text{ф}} = 0{,}205$ Ом – сопротивление фазы обмотки статора; Φ_0 – проекция потокосцепления ротора на продольную ось d; $J = 0{,}0078$ кг$\cdot$м^2 – момент инерции двигателя; $K_{\text{дв}} = 1/c = 9{,}09$ рад/В$\cdot$с – коэффициент передачи двигателя.

Полагая, что двигатель получает питание от безынерционного электрического преобразователя и охвачен отрицательной обратной связью по углу поворота, запишем передаточную функцию замкнутого следящего электропривода:

$$\Phi(s) = \frac{K_{\text{п}} K_{\text{дв}} K_{\text{ос}}}{\left(\frac{L_q J}{c^2} s^2 + \frac{R_{\text{ф}} J}{c^2} s + 1 \right) s + K_{\text{п}} K_{\text{дв}} K_{\text{ос}}}, \qquad (1)$$

где $K_{\text{п}} = 5$ – коэффициент передачи преобразователя; $K_{\text{ос}} = 0{,}32$ В/рад – коэффициент передачи датчика обратной связи.

Под влиянием изменения параметров (1) возникают ошибки слежения и изменяется характер переходных процессов электропривода. Определим критические значения параметров, при превышении которых система окажется в области нестабильных режимов работы. На основании критерия устойчивости Рауса-Гурвица можно записать:

$$a_1 a_2 - a_0 a_3 > 0;\ a_1 \geq \frac{a_0 a_{30}}{a_{20}};\ a_2 \geq \frac{a_0 a_{30}}{a_{10}};\ a_3 \leq \frac{a_{10} a_{20}}{a_0}. \qquad (2)$$

Номинальные значения коэффициентов (2) с учетом (1) соответственно равны:

$$a_0 = 1; \quad a_{10} = \frac{R_\text{ф}}{L_q} = 108,696; \quad a_{20} = \frac{c^2}{L_q J} = 822,525; \quad a_{30} = \frac{K_\text{п} K_\text{ос} c}{L_q J} = 11964.$$

Граничные значения коэффициентов (2):

$$a_1 \geq \frac{K_\text{п} K_\text{ос}}{c} = 14,545; \quad a_2 \geq \frac{K_\text{п} K_\text{ос} c}{J R_\text{ф}} = 110,07; \quad a_3 \leq \frac{R_\text{ф} c^2}{J L_q^2} = 89400.$$

Для всех коэффициентов характеристического уравнения отношение номинального значения к граничному значению $k_>$ и граничного значения к номинальному $k_<$ составило:

$$k_> = \frac{a_{i0}}{a_i} = k_< = \frac{a_i}{a_{i0}} = 7,473.$$

Таким образом, проведенный анализ позволяет сделать вывод, что исследуемая система в реально возможном диапазоне изменения параметров будет функционировать стабильно с приемлемыми с точки зрения работоспособности запасами устойчивости.

Источники

1. Герман-Галкин С.Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. М.: Корона-Век, 2014. 368 с.

2. Малёв Н.А., Погодицкий О.В. Статистический анализ динамических характеристик асинхронного электромеханического преобразователя с изменяющимися параметрами // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2019. Т. 21, № 1-20. С. 120–130.

3. Pabitra Kumar Behera, Manoj Kumar Behera, Amit Kumar Sahoo. Speed Control of Induction Motor using Scalar Control Technique // Proc. of the International Conference on Emergent Trends in Computing and Communication. 2014. Vol. 1. Pp. 37–39.

4. Malev N.A., Mukhametshin A.I., Pogoditsky O.V. Analysis and Study of the Dynamic Processes of a Permanent Magnet Synchronous Motor with a Wide Range of Parameter Variations Using the Reference Model [Электронный ресурс] // Proc. of the International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies. Vladivostok, 2019. URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/8934216 (дата обращения: 26.10.2022).

УДК 621

МЕТОДЫ ДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НАГРУЖАЮЩИХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ СТЕНДОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ НЕФТЕДОБЫВАЮЩИХ СКВАЖИН В СРЕДЕ SIMINTECH

Шайхлисламов Ильназ Рустемович[1], Корнилов Владимир Юрьевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2]shaikhlislamov.ir@kgeu.ru

В большинстве производственных агрегатов и механизмах нефтегазодобывающих предприятий используются механически взаимосвязанные многодвигательные системы электропривода, в которых используются различные двигатели. Для испытаний таких двигателей разрабатываются нагружающие электромеханические модули исследовательских стендов. В статье рассматривается возможность моделирования нагружающих электромеханических модулей исследовательских стендов электроприводов нефтедобывающих скважин в среде SimInTech.

Ключевые слова: нагружающие электромеханические модули**,** моделирование, электропривод, SimInTech.

METHODS OF DYNAMIC MODELING OF LOADING ELECTROMECHANICAL MODULES OF RESEARCH STANDS FOR ELECTRIC DRIVES OF OIL PRODUCING WELLS IN THE SIMINTECH ENVIRONMENT

Shaikhlislamov Ilnaz Rustemovich[1], Kornilov Vladimir Yurievich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1,2]shaikhlislamov.ir@kgeu.ru

Most of the production units and mechanisms of oil and gas production enterprises use mechanically interconnected multi-motor electric drive systems that use different motors. For testing such engines, loading electromechanical modules of research stands are being developed. The thesis considers the possibility of modeling loading electromechanical modules of research stands of electric drives for oil producing wells in the SimInTech environment.

Keywords: loading electromechanical modules, simulation, electric drive, SimInTech.

Использование электрической энергии на буровых установках, предприятиях добычи и транспортировки нефти, на газоперерабатывающих станциях способствует повышению технических и экономических показателей производства. Так, себестоимость проходки скважин при бурении их установками с электрическим приводом на 15−20 % ниже, а скорость проходки выше, чем при бурении установками с дизельным приводом. Дальнейшее увеличение добычи нефти, успешное выполнение

производственных и экономических задач зависят от технического уровня нефтяной электроэнергетики, от совершенства электроприводов и электрооборудования, используемых в технологических установках [1].

Чуть менее половины фонда скважин в РФ эксплуатируется установками ШГН (штанговые глубинные насосы), имеющими меньшую производительность, чем остальные типы насосов – ЭЦН (электроцентробежный насос) и ВН (вакуумный насос). Поэтому оптимизация режимов работы и интеллектуальное управление электроприводами скважин, эксплуатирующимися ШГН являются актуальными задачами, решение которых потенциально способно обеспечить значительные объемы энергосбережения [2].

Объектом исследования является нагружающий электромеханический модуль для испытания электроприводов нефтедобывающих скважин. Задачей исследования является проверка возможности применения среды моделирования SimInTech. В рамках исследования производится подбор оптимальных характеристик объектов модели.

Программное обеспечение «Среда динамического моделирования технических систем SimlnTech», разработанное коллективом ученых и выпускников Московского государственного технического университета (МГТУ) им. Н. Э. Баумана и ООО «ЗВ Сервис» [3]. По своей идеологии построения и основной сущности среда SimlnTech является программным средством, создание которого и его широкое внедрение в отечественную высшую школу и научно-техническую сферу под названием программный комплекс «Моделирование в технических устройствах» (ПК МВТУ) были начаты в начале 90-х годов прошлого столетия. Название SimlnTech является сокращением от перевода на английский язык оригинального названия ПК МВТУ (Моделирование В Технических Устройствах, Simulation In Technic).

Являясь альтернативой зарубежным аналогам, ПО SimlnTech позволяет рассчитывать, моделировать, исследовать и синтезировать различные технические устройства (механические, гидравлические, теплотехнические, электротехнические и др., в том числе средства и системы автоматики) [4].

Рассмотрим структуру управления моментом с непосредственным ориентированием (рис. 1).

Функция контура тока состоит в поддержании d и q проекций тока статора. Для асинхронного двигателя, I_{Sd} отвечает за поток ротора, а I_{Sq} – за момент [5].

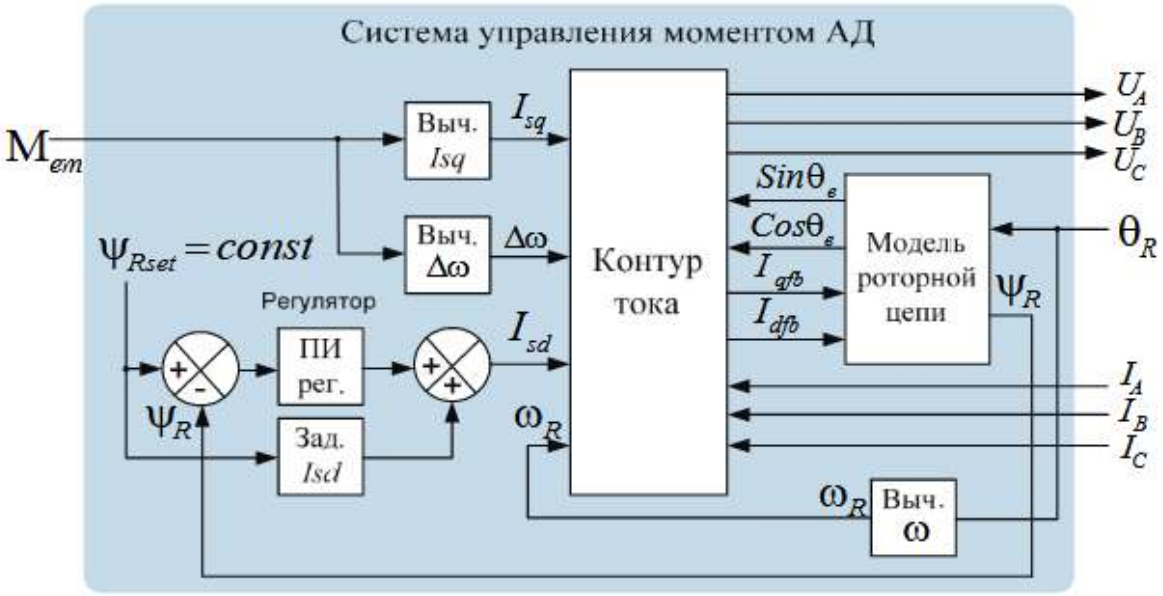


Рис. 1. Структурная схема управления моментом
с непосредственным ориентированием

Регулятор потока в данной структуре обеспечивает динамику поддержания потока, а в статике заданное значение I_{Sd} формируется блоком «Зад. I_{Sd} » в соответствии с формулой:

$$\frac{I_m}{I_{Sd}} = \frac{\psi_m}{\Psi_R} \Rightarrow I_{Sd} = I_m \frac{\Psi_R}{\Psi_m} = \frac{\psi_R}{L_m}. \quad (1)$$

Ток I_{Sq} формируется из значения заданного момента блоком «Выч. I_{Sq}» в соответствии с формулой (2):

$$I_{Sq} = \frac{2M_{em}}{3Z_P\psi_R^2}(\psi_R + L_{\sigma R} I_{Sd}) \approx \frac{2M_{em}}{3Z_p\psi_R}. \quad (2)$$

Заметим, что скольжение и скорость ротора в данной структуре нужны только для компенсации перекрестных связей. Скольжение вычисляется блоком «Выч. Δω» по формуле (3).

$$\Delta\omega = \frac{2R_R}{3Z_P\Psi_R^2} M_{em.} \quad (3)$$

Скорость ротора вычисляется блоком «Выч. ω» с помощью дифференцирования угла ротора θ_R.

Реализация модели структурной схемы управления моментом с непосредственным ориентированием в среде SimInTech принимает вид следующий вид (рис. 2).

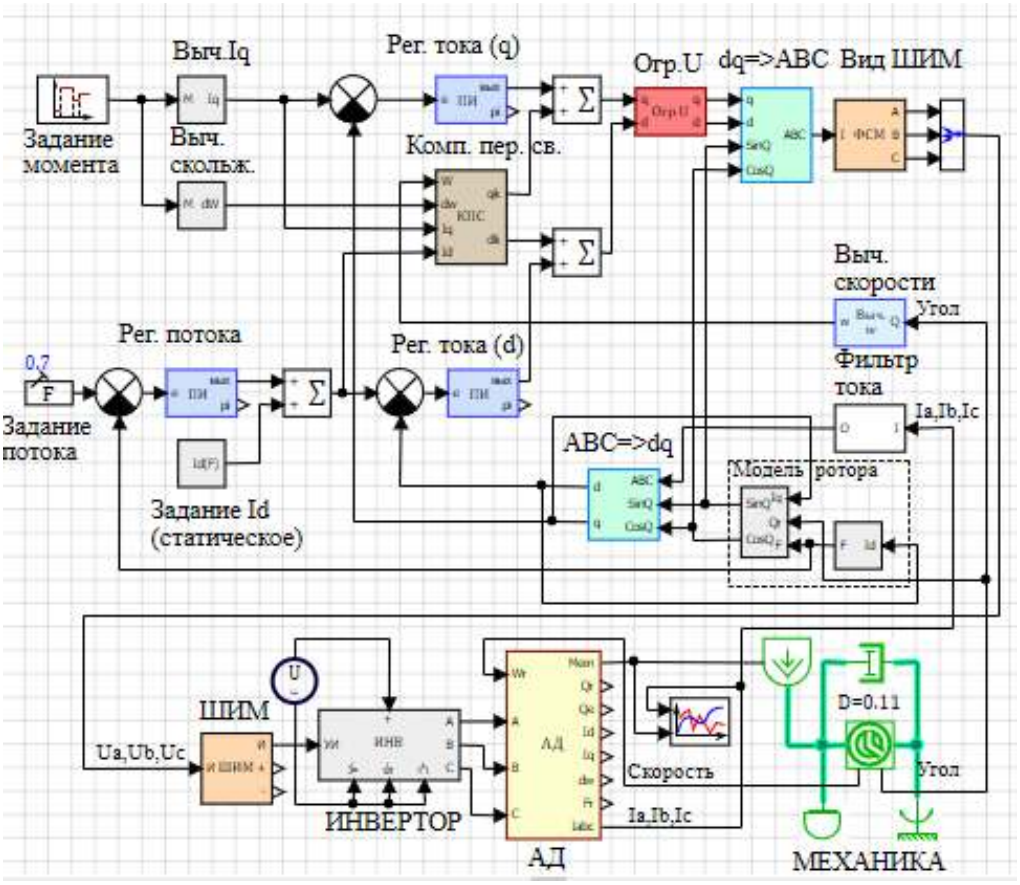


Рис. 2 Реализация модели структурной схемы системы управления моментом в блоках «SimInTech»

Модель двигателя управляется ШИМ-инвертором. Нагрузка двигателя собрана на элементах программной библиотеки «механика» и характеризуется моментом инерции и вязким трением. Блок «Вычислитель скорости» осуществляет вычисление скорости ротора из сигнала датчика положения. Полученное значение скорости ротора подается на соответствующий вход модели двигателя. В качестве сигнала обратной связи используется информация о положении ротора. Блок «график» выводит значения токов двигателя I_a, I_b, I_c в зависимости от времени t на график функции.

Заключение. Представленная модель может послужить хорошей основой для дальнейшей разработки нагружающих электромеханических модулей исследовательских стендов для электроприводов нефтедобывающих скважин.

Источники

1. Цылёв П.Н. Электропривод и электрооборудование технологических объектов нефтегазовой отрасли: учеб. пособие. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2015. 192 с.

2. Хакимьянов М.И. Управление электроприводами скважинных насосных установок. М.: Инфра-Инженерия, 2017. 138 с.

3. Среда динамического моделирования технических систем SimInTech: практикум по моделированию систем автоматического регулирования / Б.А. Карташов [и др.]. М.: ДМК Пресс. 2017. 424 с.

4. Герман-Галкин С.Г., Карташов Б.А., Литвинов С.Н. Модельное проектирование электромеханических мехатронных модулей движения в среде SimInTech. М.: ДМК Пресс, 2021. 494 с.

5. Калачев Б.А. SimInTech: моделирование в электроприводе. М.: ДМК Пресс, 2019. 105 с.

УДК 681.2.08

РАЗРАБОТКА КВАДРОКОПТЕРА ИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ КОМПЛЕКТУЮЩИХ

Шайхутдинов Марат Марсович[1],МухаметгалеевТанир Хамитевич[2],
Львова Татьяна Николаевна[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]marat200101@yandex.ru, [2]banzay-13-13@yandex.ru, [3]tn.lvova@yandex.ru

В статье проведено исследование рынка российских электронных комплектующих, необходимых для разработки квадрокоптера, представляющего собой прибор, состоящий из бесколлекторных двигателей, корпуса, проводов, аккумулятора, пульта управления, микроконтроллера, драйвера для управления двигателями, пропеллеров, посадочных шасси, приёмника(ресивер), передатчика, модуля спутниковой навигации (ГЛОНАСС), акселерометра, гироскопа.

Ключевые слова: квадрокоптер, гироскоп, микроконтроллер, акселерометр, аккумулятор, бесколлекторный двигатель.

DEVELOPMENT OF A QUADROCOPTER FROM DOMESTIC COMPONENTS

Shaikhutdinov Marat Marsovich[1], MukhametgaleevTanirKhamitevich[2],
Lvova Tatyana Nikolaevna[3]
[1,2,3]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]marat200101@yandex.ru, [2]banzay-13-13@yandex.ru, [3]tn.lvova@yandex.ru

The article studies the market of Russian electronic components necessary for the development of a quadcopter, which is a device consisting of brushless motors, housing, wires, battery, control panel, microcontroller, driver for controlling engines, propellers, landing gear, receiver (receiver), transmitter, satellite navigation module (GLONASS), accelerometer, gyroscope.

Keywords: quadcopter, gyroscope, microcontroller, accelerometer, battery, brushless motor.

Разрабатываемый квадрокоптер будет применяться в сфере ЖКХ, для планового осмотра теплотрасс в труднодоступных участках.

В [4] обсуждалось автоматическое управление электроцентробежным насосом. В данной работе рассматривается возможность разработки квадрокоптера из отечественных комплектующих. Желаемые характеристики квадрокоптера:

– размер корпуса до 24×24×5 см;

– время полёта составляет 20–25 минут;

– скорость горизонтального полёта – до 45 км/ч, вертикального полёта – до 30 км/ч;

– дальность полёта – до 10 км.

Желаемый функционал квадрокоптера:

– функция возврата домой;

– функции автовзлёта и автопосадки.

Автопосадка – это все та же функция возврата домой, при которой дрон приземляется на месте старта, функция разных лётных режимов (быстро/медленно). В качестве двигателей предлагается выбрать бесколлекторные, так как они меньше по размеру и наиболее долговечные [5]. Основной рассматриваемой характеристикой двигателя является KV – количество оборотов двигателя на один вольт. Оптимальными, в данном случае, являются значения в пределах 2 000–2 600. При обзоре не найдены подходящие бесколлекторные двигатели российского производства. Предложений по изготовлению корпусов на заказ достаточно. Так как в конструкции квадрокоптера размеры элементов имеют крайнее важное значение, то провода использовать желательно чем тоньше, тем лучше. В России маленькие провода представлены компанией «Микропровод» [1]. Для питания квадрокоптера необходим небольшой литий-ионный аккумулятор. В России есть предприятие, которое занимается производством аккумуляторов, но только больших размеров – Лиотех [2]. Микроконтроллер должен соответствовать следующим требованиям:

– относительно малый размер;

– количество входов и выходов – минимум 10;

– Flash память – свыше 8 КБ, оперативная память – 512 Байт.

На рынке есть микроконтроллер К1921ВК01Т [3] , однако его цена слишком высокая (по предварительному заказу около 3 000 руб.) и не получится раскрыть его функционал полностью. Драйвер для управления двигателями: готовые драйверы для управления двигателями российского производства не были найдены.Пропеллеры и посадочные шасси можно также сделать на заказ в отечественных компаниях. Предложения по приёмнику и передатчику, подходящие условиям, также найдены не были. По модулю спутниковой локации есть предложения от компании Евромобайл. Модули акселерометра и гироскопа были найдены от российской компании МЭМС.

Исходя из поиска соответствующих комплектующих, можно сделать следующий вывод: в России мало представлена электронная продукция для самоделок, обучения, промышленного производства. Если у инженера возникнет потребность разработать свой квадрокоптер, то большинство комплектующих будут импортными.

Источники

1. Завод «Микропровод» [Электронный ресурс]: офиц. сайт. URL: https://microprovod.ru/ (дата обращения: 21.10.2022).
2. Завод «Лиотех» [Электронный ресурс]: офиц. сайт. URL: https://www.liotech.ru/ (дата обращения: 21.10.2022).
3. АО «НИИЭТ» [Электронный ресурс]: офиц. сайт. URL: https://www.liotech.ru/ (дата обращения: 21.10.2022).
4. Автоматическое управление электроцентробежным насосом, используя измерения скважинной жидкости проточным протонным магнитно-резонансным анализатором / Р.С. Кашаев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19, № 5-6. С. 119–131.
5. Как выбрать двигатели для квадрокоптера, критерии и расчет [Электронный ресурс] // Все о квадрокоптерах: сайт. URL: https://profpv.ru/kak-vybrat-dvigateli-dlya-kvadrokoptera/ (дата обращения: 21.10.2022).

УДК 621.22

РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ КАНАЛА ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ, ПОЛУЧЕННОЙ С ПЬЕЗОГЕНЕРАТОРА ГЭУ

Шайхутдинова Ляйля Рамисовна[1], Смирнова Светлана Васильевна[2]
ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань
[1]shayhutdinovalyailya@gmail.com

В данной статье рассматривается подробное описание процесса разработки электрической принципиальной схемы гидроэнергетической установки посредством поэтапного рассмотрения ее функциональных блоков.

Ключевые слова: электроэнергия, пьезоэлектричество, гидроэнергетическая установка, экологическая система, пьезогенератор.

DEVELOPMENT OF THE CIRCUIT DIAGRAM OF THE INFORMATION PROCESSING CHANNEL RECEIVED FROM THE PIEZOGENERATOR OF THE HPP

Shayhutdinova Layla Ramisovna[1], Smirnova Svetlana Vasilyevna[2]
KNRTU-KAI, Kazan
[1]shayhutdinovalyailya@gmail.com

This article deals with a detailed description of the process of developing the electrical circuit diagram of a hydroelectric power plant by considering its functional blocks step by step.

Keywords: electric power, piezoelectricity, hydropower plant, ecological system, piezogenerator.

Пьезогенераторы представляют собой пакет пьезокерамических элементов, каждый из которых также параллельно соединен с диодами для предотвращения утечки сигнала, а также они необходимы на случай, если возникнут единичные выходы из строя пьезоэлементов [1]. В таком варианте исполнения генератор будет работать исправно даже при неисправности одного из основополагающих пьезошайб (рис. 1).

По типу своего устройства пьезодатчик/пьезогенератор можно сравнить с электрическим конденсатором. Количество электричества q, появившееся под воздействием механической силы, заряжает грани пьезоэлемента и соединенные с ним проводники до напряжения U, определяемого как $U = q/C$, где C – емкость между проводниками (включая емкость пьезоэлемента) [2]. Чувствительность датчика определяется как

приращение выходного напряжения, соответствующее изменению силы F. При параллельном соединении n пластин их емкость складывается. Чувствительность пьезодатчика в этом случае:

$$S_d = \frac{n*K_0}{C_{вх}+C_0*n}, \quad (1)$$

где n – количество пластин; K_0 – пьезоэлектрический модуль материала пластины; $C_{вх}$ – емкость измерительной цепи; C_0 – емкость одной пластины.

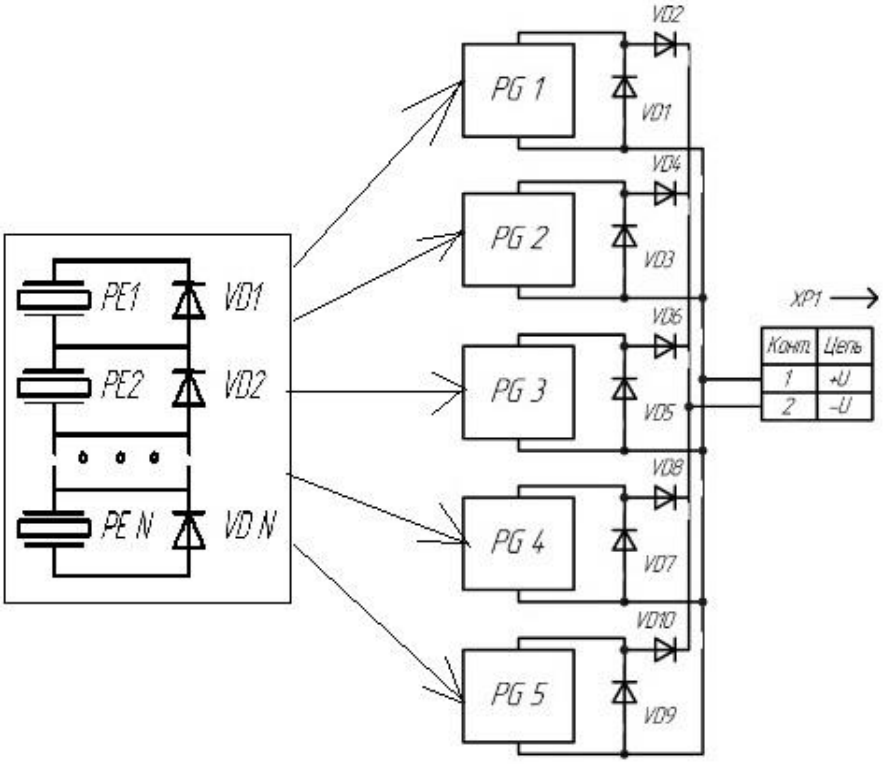


Рис. 1. Блок пьезогенератора

Так как в нашем устройстве пьезогенератор является входным звеном цепи, формирующим сигнал, примем, что

$$S_d = \frac{n*K_0}{C_0*n}. \quad (2)$$

Тогда емкость одной пластины датчика толщиной d и площадью s можно определить, как емкость плоскопараллельного конденсатора:

$$C_0 = \frac{\varepsilon * \varepsilon_0 * s}{d} = \frac{1650 * 8{,}85 * 10^{-12}}{21} = 6{,}95 * 10^{-10}\text{Ф}. \quad (3)$$

где ε_0 – абсолютная диэлектрическая проницаемость вакуума, Ф/м.

Емкость пьезоэлемента *C* на практике бывает невелика и выражается в пикофарадах (1пФ = 10^{-12} Ф). Выходной сигнал пьезодатчика $U = S_0 \cdot F$, где *F* – измеряемая сила [3].

Чтобы перейти к расчетам, необходимо выбрать форму пьезоэлемента и материал, из которого он будет выполняться. Была выбрана форма – шайба, материал – пьезокерамика ЦТС-19.

При таких параметрах, как внутренний и внешний диаметры 64 и 74 мм соответственно, и ширина в 21 мм, площадь пьезоэлемента составит 0,02276 м^2. Тогда для 10 пьезошайб чувствительность пьезогенератора составит:

$$S_d = \frac{n * K_0}{C_0 * n} = \frac{10 * 360 * 10^{-12}}{6{,}95 * 10^{-10} * 10} = 51{,}799 * 10^{-2}.$$

Нужно иметь в виду, что поток воды оказывает разное влияние на каждый из пьезодатчиков, так как они отличаются расположением на гидроэнергетической установке. Следовательно, величины, преобразуемые разными каналами, имеют различные значения [4].

Полученное от предыдущих блоков устройства напряжение стабилизируется и фильтруется – на выходе повышающего преобразователя напряжения будем иметь 12 В, которые необходимы для питания аккумуляторной батареи.

На рис. 2 представлено схематичное изображение повышающего *DC–DC* преобразователя напряжения.

Как было посчитано, от пьезогенераторов будет получено порядка 3–14 В. Для того, чтобы стабилизировать данное напряжение, выберем LM2731XMF/NOPB. Импульсный повышающий преобразователь напряжения, 1.6МГц [SOT-23-5]. Так как это готовое устройство, схема подключения также была выбрана готовая – согласно datasheet преобразователя.

Устройство должно быть способным работать при любом напряжении в пределах рекомендуемого рабочего диапазона. Ток нагрузки должен быть определен, чтобы правильно подобрать размеры индуктора, входного и выходного конденсаторов. Индуктор должен быть способен

выдерживать полный ожидаемый ток нагрузки, а также пиковый ток, возникающий во время переходных процессов нагрузки и при запуске. Пусковой ток при запуске будет зависеть от выбора выходного конденсатора [5].

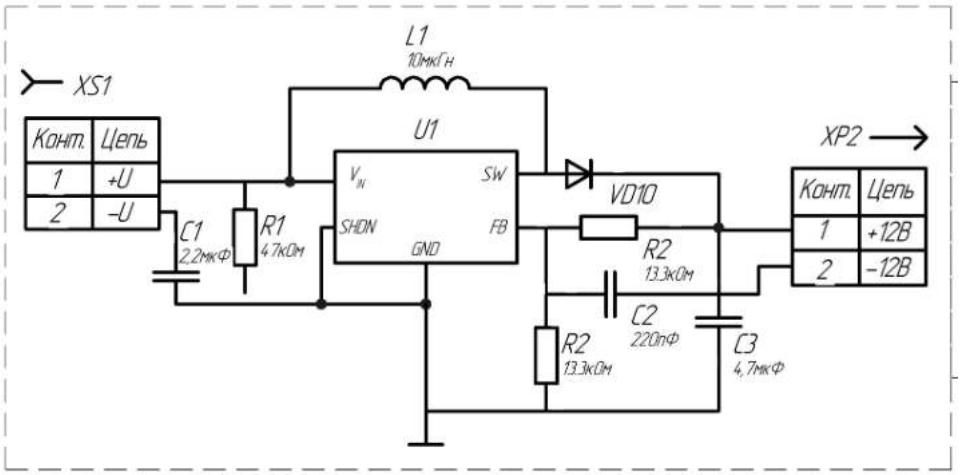


Рис. 2. Блок стабилизации напряжения

Максимальный рабочий цикл импульсного регулятора определяет максимальное отношение выходного напряжения ко входному напряжению, которого может достичь преобразователь в непрерывном режиме работы. Рабочий цикл для конкретного применения форсирования определяется как:

$$\text{Цикл работы} = \frac{V_{out}+V_{diode}-V_{IN}}{V_{out}+V_{diode}-V_{SW}} = \frac{12+0.5-5}{12+0.5-0.5} = 0.625. \quad (4)$$

Такая схема устройства будет потреблять порядка 56 мА.

Таким образом, в данной статье были рассмотрены два функциональных блока гидроэнергетической установки – блок пьезогенератора и блок стабилизации напряжения. Были приведены их схематичные изображения, а также составлено подробное описание.

Источники

1. Шарапов В.М., Мусиенко М.П., Шарапова Е.В. Пьезоэлектрические датчики. М.: Техносфера, 2006. 632 с.

2. Пьезокерамические трансформаторы и датчики / В.М. Шарапов [и др.]; под ред. В.М. Шарапова. Черкассы: Вертикаль, 2010. 278 с.

3. Гусев В.Г., Гусев Ю.М., Электроника и микропроцессорная техника: учеб. для вузов. 3-е изд. перераб. и доп. М.: Высшая школа, 2004. 790 с.

4. Шайхутдинова Л.Р. Обоснование выбора алгоритмов обработки информации и типовой структуры генерации электрической энергии // XXV Туполевские чтения (школа молодых ученых): матер. Междунар. молод. науч. конф. В 4 т. Казань, 2021. Т. 4. С. 353–360.

5. Шайхутдинова Л.Р., Смирнова С.В. Получение экологически чистой энергии посредством пьезогенераторов // Биотехнические, медицинские и экологические системы, измерительные устройства и робототехнические комплексы Биомедсистемы – 2021: матер. XXXIV Всерос. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. Рязань, 2021. С. 66–69.

УДК 621.22

РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ КАНАЛА ИНВЕРТИРОВАНИЯ СИГНАЛА, ПОЛУЧЕННОГО С ПЬЕЗОГЕНЕРАТОРА ГЭУ

Шайхутдинова Ляйля Рамисовна[1], Смирнова Светлана Васильевна[2]
ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань
[1]shayhutdinovalyailya@gmail.com

В данной статье рассматривается подробное описание процесса разработки электрической принципиальной схемы гидроэнергетической установки посредством поэтапного рассмотрения ее функциональных блоков.

Ключевые слова: электроэнергия, пьезоэлектричество, гидроэнергетическая установка, экологическая система, пьезогенератор.

DEVELOPMENT OF THE CIRCUIT DIAGRAM OF THE INVERTING CHANNEL OF THE SIGNAL RECEIVED FROM THE HPP PIEZOGENERATOR

Shayhutdinova Layla Ramisovna[1], Smirnova Svetlana Vasilyevna[2]
KNRTU-KAI, Kazan
[1]shayhutdinovalyailya@gmail.com

This article deals with a detailed description of the process of developing the electrical circuit diagram of a hydroelectric power plant by considering its functional blocks step by step.

Keywords: electric power, piezoelectricity, hydropower plant, ecological system, piezogenerator.

В нашем случае преобразователь напряжения необходим для конвертирования электроэнергии с 12 в 220 В для подачи в сеть к потребителю. На рис. 1 представлено схематичное изображение блока преобразователя напряжения. Рабочая частота данной схемы представляет из себя 50 Гц. В основу схемы заложен симметричный мультивибратор на двух биполярных транзисторах *VT*2 и *VT*3, который управляет мощными ключами на полевых транзисторах *VT*4–*VT*7.

Прямоугольные импульсы, снимаемые с мультивибратора, поочередно открывают полевые транзисторы и тем самым накачивают трансформатор, который преобразует входящее постоянное напряжение в переменное. Подстройку частоты мультивибратора можно выполнять подстречным резистором *R*2, или с помощью осциллографа.

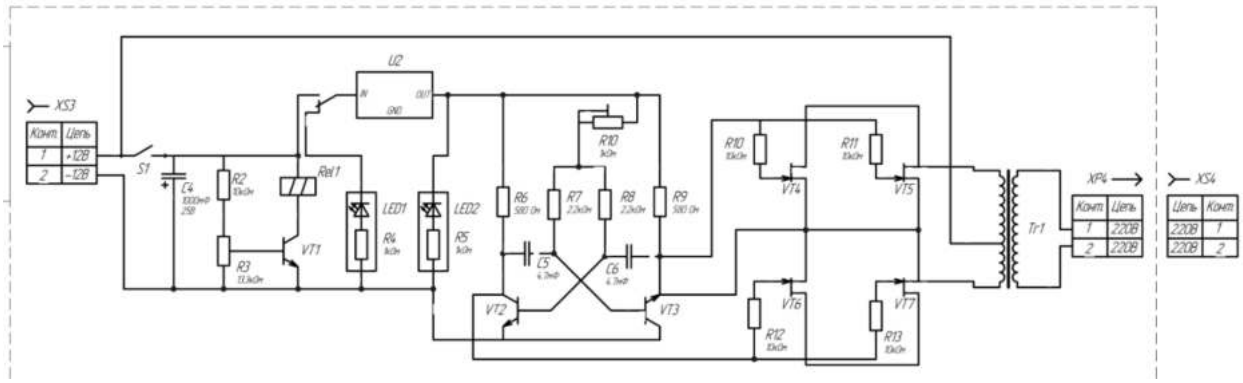


Рис. 1. Блок преобразователя напряжения

Защита от разряда аккумулятора собрана на транзисторе *VT*1 и реле *Rel*1. Минимальное напряжение срабатывания защиты устанавливается подстроечным резистором *R*1. При напряжении более 12 В, ток через открытый транзистор *VT*1 поступает на обмотку реле *Rel*1. Контакты реле замыкаются и включается мультивибратор, зеленый светодиод сигнализирует о включении преобразователя напряжения. При разряде аккумулятора ниже 10 В транзистор закрывается, контакты реле размыкаются, мультивибратор отключается и загорается красный светодиод.

Во время работы устройства транзисторы остаются холодными, поэтому нет необходимости ставить радиатор. Мощность преобразователя напрямую зависит от габаритов трансформатора. На холостом ходу преобразователь напряжения потребляет от 0,15 до 1 А.

Также в устройстве ГЭУ имеется плата блока питания, представленная на рис. 2.

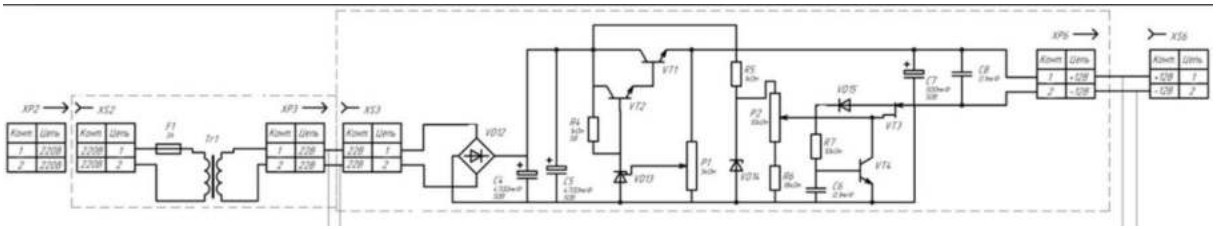


Рис. 2. Блок питания

В этой схеме регулятор-стабилизатор напряжения собран на транзисторах *VT*1, *VT*2. В качестве генератора опорного напряжения используется регулируемый стабилитрон *VD*13. Регулировать напряжение представляется возможным в диапазоне 2,5–20 В можно подстроечным резистором *P*1.

Регулятор тока собран на транзисторах *VT*3, *VT*4 и стабилитроне *VD*14, исполняющем роль источника опорного напряжения. В качестве токоизмерительного элемента используется сам полевой транзистор *VT*4. Если падение напряжения на нем превысит определенный порог, транзистор *VT*3 начнет открываться и шунтировать *VT*4, заставляя его закрываться и ограничивать ток через нагрузку. Регулировка порога ограничения производится подстроечным резистором *P*2.

В схеме вместо диодной сборки можно использовать отдельные диоды, выдерживающие ток 10А и обратное напряжение не менее 30 В. Диодный мост, *VT*1, *VT*2 и *VT*4 нужно установить на радиаторы.

Таким образом, вместе с тезисами статьи «Разработка принципиальной электрической схемы канала обработки информации, полученной с пьезогенератора ГЭУ» получаем полноценный обзор всех функциональных блоков установки.

Источники

1. Шарапов В.М., Мусиенко М.П., Шарапова Е.В. Пьезоэлектрические датчики. М.: Техносфера, 2006. 632 с.

2. Пьезокерамические трансформаторы и датчики / В.М. Шарапов [и др.]; под ред. В.М. Шарапова. Черкассы: Вертикаль, 2010. 278 с.

3. Гусев В.Г., Гусев Ю.М., Электроника и микропроцессорная техника: учеб. для вузов. 3-е изд. перераб. и доп. М.: Высшая школа, 2004. 790 с.

4. Шайхутдинова Л.Р. Обоснование выбора алгоритмов обработки информации и типовой структуры генерации электрической энергии // XXV Туполевские чтения (школа молодых ученых): Междунар. молод. науч. конф. В 4 т. Казань, 2021. Т. 4. С. 353–360.

5. Шайхутдинова Л.Р., Смирнова С.В. Получение экологически чистой энергии посредством пьезогенераторов // Биотехнические, медицинские и экологические системы, измерительные устройства и робототехнические комплексы Биомедсистемы – 2021: матер. XXXIV Всерос. науч.-техн. конф. студентов, молодых ученых и специалистов. Рязань, 2021. С. 66–69.

УДК 620.179

СРАВНЕНИЕ ПРИБОРОВ И МЕТОДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ПЛОТНОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОЛОТНА

Шакиров Арслан Айнурович[1], Козелков Олег Владимирович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2]shakirov.aa@bk.ru

В данной работе проведен сравнительный анализ обзор отечественных и зарубежных приборов и методов неразрушающего контроля плотности асфальтобетонного полотна. Рассмотрен наиболее перспективный прибор непрерывного измерения плотности асфальтобетона.

Ключевые слова: асфальтобетон, приборы и методы, неразрушающий контроль, плотномер, диэлектрическая проницаемость, непрерывное измерение.

COMPARISON OF DEVICES AND METHODS FOR NON-DESTRUCTIVE TESTING OF ASPHALT PAVEMENT DENSITY

Shakirov Arslan Ainurovich[1], Kozelkov Oleg Vladimirovich[2]
[1,2]Kazan state power engineering University, Kazan
[1,2]shakirov.aa@bk.ru

In this paper a comparative analysis of domestic and foreign devices and methods of nondestructive control of asphalt concrete density is carried out. The most promising device for continuous measurement of asphalt concrete density is considered.

Keywords: asphalt concrete, instruments and methods, non-destructive testing, density meter, dielectric constant, continuous measurement.

Плотность асфальтобетонного полотна является критическим фактором, определяющим долговечность дорожного покрытия [1]. Локализованные неоднородные зоны смеси, называемые сегрегацией, часто становятся участками низкой плотности в покрытии. Сегрегация по-прежнему остается серьезной проблемой, связанной со строительством дорог, оказывающей значительное негативное влияние на срок службы дорожного покрытия [1].

В 20 веке единственным методом измерения плотности асфальтобетонов были лабораторные исследования с предварительным вырезом кернов из дорожного полотна непосредственно, что не только повреждало покрытие, но и приводило к дальнейшему разрушению асфальтобетона.

Сегодня на рынке приборов для измерения плотности асфальтобетона имеется разнообразие неразрушающих методов, позволяющих реализовать поставленные задачи. В таблице приведены основные приборы-плотномеры, используемые на отечественном и зарубежном рынке [1–5].

Современные плотномеры для асфальтобетона

Прибор	Метод измерения	Страна-изготовитель	Время измерения	Глубина измерений	Погрешность измерений, %
Troxler 4640	Радиоизотопный	США	1–2,5 мин	2,4–10,9 см	1,4
PQI-380	Электро-магнитный	США	Неизвестно	2–30 см	3
ДПГ-1.2	Ударно-импульсный	Россия	30–60 с	50 см	3
ДПУ	Ударно-импульсный	Россия	5 мин	10–30 см	1
ПА-МГ4	Диэлектрическая проницаемость	Россия	1–9 с	2,5–15 см	2,5
ПАБ-1.0	Диэлектрическая проницаемость	Россия	5–30 с	5–20 см	1,5
PaveScan RDM	Диэлектрическая проницаемость	США	0,34 нс	5–25 см	2

Согласно приведенным приборам, стоит отметить, что плотномеры, работающие на методах с использованием радиационных излучений, постепенно выходят из оборота, поскольку требуют повышенных мер безопасности к применению к охране труда [2].

Ударно-импульсные приборы являются самым дешевым аналогом среди имеющихся, но скорость и площадь измерений, а также возможность повреждения асфальтобетонного покрытия являются факторами, уступающими современным приборам, работающим на основе диэлектрической проницаемости [3].

Плотномеры, функционирующие на принципах метода диэлектрической проницаемости, являются наиболее перспективными приборами в задаче измерения плотности асфальтобетонного полотна. Стоимость таких устройств составляет около 250–350 тыс. руб. [4] Скорость и точность измерений, а также габариты данных приборов являются главным преимуществом среди аналогов.

До недавнего времени определение плотности асфальтобетонов осуществлялось приборами исключительно стационарно, без возможности непрерывного измерения. Однако в 2019 г. на рынке был представлен плотномер PaveScan RDM, представляющий собой тележку с 3 датчиками с GPS-трекерами, закреплёнными на рейке, концентратор с аккумулятором [5]. Результаты измерений представляются в виде линейного графика обозначающего диэлектрическую мощность каждого датчика, и цветовой карты, указывающей на аномалии в измерении диэлектрика [5].

Прибор PaveScan RDM является единственным в мире устройством непрерывного измерения плотности асфальтобетонного полотна, однако в связи с ситуацией на рынке, вызванной санкциями, а также политикой импортозамещения возникает необходимость разработки отечественного аналога.

Источники

1. Яворский О.В., Чернов С.А., Ширяев Н.И. Оценка качества производства работ по устройству верхних слоев покрытия автомобильных дорог неразрушающим методом // Инженерный вестник Дона. 2018. № 1 (48). С. 131.

2. Гизатуллин З.М., Мубараков Р.Р. Анализ излучаемых электромагнитных помех от преобразователей электроэнергии в условиях эксплуатации // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 2 (54). С. 29–39.

3. Бойдадаев М.Б., Мухаммаджонов А.О., Тухтабоев И.И. Контроль качества уплотнения дорожно-строительных материалов при сооружении автомобильных дорог // Universum: технические науки. 2021. № 2-2 (83). С. 15–17.

4. Носов И.С. Оперативный контроль плотности асфальтобетона с использованием вакуумирования // Школа молодых ученых по проблемам технических наук: сб. матер. семинара. Липецк, 2018. С. 198–200.

5. PaveScan RDM 2.0 [Электронный ресурс] // GSSI: сайт. URL: https://www.geophysical.com/products/pavescan-rdm (дата обращения: 07.11.2022).

УДК 621.31

ПОТЕРИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ТРЁХПРОВОДНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 6–10 кВ

Шумихина Ольга Александровна[1], Грачева Елена Ивановна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2]epp.kgeu@mail.ru

В работе представлено исследование параметров воздушных линий электропередачи 6–10 кВ, таких, как уровень абсолютной и относительной величины потерь активной электроэнергии при несимметричной нагрузке электропотребителей. Выявлено и подтверждено расчетным путем, что данные параметры для линий с симметричной нагрузкой существенно ниже. Установлено, что уровень абсолютных и относительных потерь электроэнергии определяется, в основном, такими техническими характеристиками, как коэффициент несимметрии нагрузки и сечение проводов воздушных линий.

Ключевые слова: воздушная линия, сечение проводов, потери активной электроэнергии, схема замещения, несимметричная нагрузка электропотребителей.

ELECTRICITY LOSSES IN THREE-WIRE DISTRIBUTION ELECTRIC NETWORKS 6–10 kV

Shumikhina Olga Alexandrovna[1], Gracheva Elena Ivanovna[2]
[1,2]Kazan state power engineering University, Kazan
[1,2]epp.kgeu@mail.ru

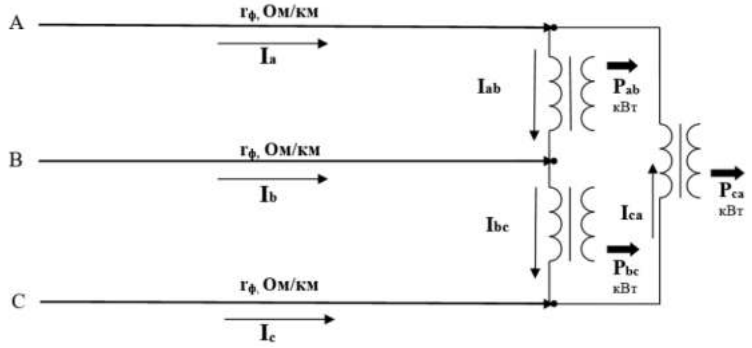
The paper presents a study of the parameters of overhead power lines 6–10 kV, such as the level of absolute and relative losses of active electricity with an asymmetric load of electrical consumers. It was revealed and confirmed by calculation that these parameters for lines with a symmetrical load are significantly lower. It has been established that the level of absolute and relative losses of electricity is determined mainly by such technical characteristics as the load unbalance factor and the cross section of overhead lines wires.

Keywords: overhead line, wire section, active electricity losses, equivalent circuit, asymmetric load of electrical consumers.

Как известно, электрические сети к которым непосредственно присоединяются электроприёмники и трансформаторные пункты являются распределительными сетями [1]. В эксплуатации, в настоящее время, находится значительное количество ВЛ 6–10 кВ с длительно подключённой несимметричной нагрузкой. Данное обстоятельство объясняется усложнением технологии в области электроэнергетики с развитием номенклатуры электропотребителей, симметричное подключение которых

нерационально [2, 3]. В современных условиях развития электроэнергетических систем возникновение несимметричных режимов работы электрооборудования является обстоятельством, которое снижает качество эксплуатации оборудования [4, 5].

Рассмотрим схему замещения участка ВЛ, длина которого 1 км, линия выполнена проводом марки АС, удельное сопротивление провода – r_0, Ом/км, при этом к линии подключена однофазная нагрузка, определяемая тремя трансформаторными подстанциями мощностью P_{ab}, $P_{bc,}$ P_{ac} (см. рисунок).



Участок ВЛ – 10 кВ с подключенной несимметричной нагрузкой

Представленная воздушная линия нагружена по фазам несимметрично. Суммарные абсолютные годовые потери электроэнергии в линии $\Delta W_{\text{нес}}$ определяются по выражению:

$$\Delta W_{\text{нес}} = \left(I_a^2 \cdot r_{\text{ф}} + I_b^2 \cdot r_{\text{ф}} + I_c^2 \cdot r_{\text{ф}} \right) \cdot L \cdot \tau \,. \qquad (1)$$

Тогда, относительные потери электроэнергии в данной (несимметрично нагруженной) ВЛ равны:

$$\frac{\Delta W_{\text{нес}}}{W} = \frac{\left(I_a^2 \cdot r_{\text{ф}} + I_b^2 \cdot r_{\text{ф}} + I_c^2 \cdot r_{\text{ф}} \right) \cdot L \cdot \tau}{1000 \cdot P_{\sum} \cdot T_{\text{нб}}} . \qquad (2)$$

В случае, если же принять, что данная ВЛ нагружена по фазам симметрично (например, в конце линии установлена 3-фазная симметрично нагруженная КТП), тогда суммарные абсолютные потери активной электроэнергии ΔW в этом случае:

$$\Delta W = 3 \cdot I_{\text{н}}^2 r_0 \cdot L \cdot \tau . \quad (3)$$

Относительные потери электроэнергии определяются по формуле:

$$\left(\frac{\Delta W}{W} \right)_0 = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{\text{н}} \cdot r_{\text{ф}} \cdot L \cdot \tau}{1000 \cdot U_{\text{н}} \cdot T_{\text{нб}}} . \quad (4)$$

Из всего выше сказанного следует, что абсолютные и относительные потери электроэнергии в трёхфазных симметрично нагруженных сетях ниже, чем в сетях с несимметричной нагрузкой. Также проведенные, расчёты, показывают, что абсолютные и относительные потери электроэнергии в линии зависят от коэффициента несимметрии нагрузки и сечения провода ВЛ. При этом с увеличением несимметрии они резко возрастают по сравнению с потерями в сети с симметричной нагрузкой.

Источники

1. Коваленко П.В. Смышляева О.А. Анализ потерь мощности в электрических сетях при неравномерной и несимметричной нагрузке // Электрика. 2009. № 9. С. 18–22.

2. Расчеты, нормирование и снижение потерь электрической энергии в городских электрических сетях / В.Э. Воротницкий [и др.] // Электрические станции. 2000. № 5. С. 9–13.

3. Грачева Е.И., Алимова А.Н., Абдуллазянов Р.Э. Анализы и способы расчета потерь активной мощности и электроэнергии в низковольтных цеховых сетях // Вестник КГЭУ. 2018. № 4 (40). С. 53–65.

4. Анализ влияния несимметрии на потери в сети 0,4 кВ / К.А. Смагин [и др.] // Молодой исследователь Дона. 2019. № 4 (19). С. 80–87.

5. Выявление источника фликера в системах электроснабжения / В.И. Бирюлин [и др.] // Известия Высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 5. С. 3–12.

Направление 3. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЭК И ЖКХ

УДК 621.316.03

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ «УМНЫЙ ДОМ»

Агзамова Айгуль Тимуровна[1], Козлова Екатерина Андреевна[2],
Саитов Станислав Радикович[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]aagzamova2003@gmail.ru, [2]katya_kater_kozlova@mail.ru, [3]caapel@mail.ru

В работе приведено обоснование эффективности внедрения систем «Умный дом» в частные и многоквартирные дома, представлена блок-схема домашней системы управления энергопотреблением.

Ключевые слова: умный дом, эффективность внедрения.

DETERMINATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE IMPLEMENTATION OF THE “SMART HOME” SYSTEM

Agzamova Aigul Timurovna[1], Kozlova Ekaterina Andreevna[2], Saitov Stanislav Radikovich[3]
[1,2,3]Kazan state power engineering University, Kazan
[1]aagzamova2003@gmail.ru, [2]katya_kater_kozlova@mail.ru, [3]caapel@mail.ru

The paper provides a justification for the effectiveness of the implementation of Smart Home systems in private and apartment buildings, presents a block diagram of a home energy management system.

Keywords: smart home, implementation efficiency.

Целью работы является показать эффективность внедрения систем «Умный Дом». Для этого были решены следующие задачи: расчет стоимости внедрения системы; оценка роста тарифов на ЖКУ в городах Мензелинск и в Нижневартовск за последние 6 лет; расчет срока окупаемости предлагаемых систем.

«Умный дом» – автоматическая система, осуществляющая контроль и управление всеми инженерными сетями дома или квартиры, а также позволяющая экономить временной ресурс и денежные затраты [1]. Экономия на платежах за электричество за счет установки датчиков

освещенности, датчиков движения и составляет соответственно 25 % и 33 %. Установка термосчетчиков и терморегуляторов позволяет экономить на теплоснабжении до 35 %. Датчик присутствия позволяет определить наличие или отсутствие людей и, в соответствии с этим, установить температуру в помещении, например, снижая ее на 4 °С в период отсутствия людей, за счет чего экономия составляет 15 %. Установка счетчиков на холодную и горячую воду и система контроля протечек воды позволяет экономить на затратах на водоснабжение и водоотведение 35 %. Средняя экономия на все услуги составляет 30 % [2].

У системы умного дома есть единое приложение, осуществляющее управление всей системой. Данная система осуществляет такие функции как: видеонаблюдение, управление и контроль энергосбережения, управление освещением, контроль и защита от протечки, охранно-пожарная система, управление климатом, управление бытовой техникой [3]. На рисунке представлены категории устройств, которые относятся к системе управления энергопотреблением HEMS (домашняя система управления энергопотребления) [4].

Рис. 1. Обзор домашней системы управления энергопотребления (HEMS)

В работе была рассмотрена система, состоящая из группы устройств, включающей в себя датчики (движения, освещения, температуры, влажности, протечки воды, утечки газа), водяной клапан, газовый клапан, реле включения мощных нагрузок, диммеры, выключатели.

В ходе работы было проведено исследование, где мы рассматривали возможность внедрения «умного дома» в Республике Татарстан и ХМАО. Результаты можно увидеть в таблице.

Чистый дисконтированный доход (ЧДД) при постоянной норме дисконта вычисляется по формуле:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=0}^{T} (R_t - З_t) \cdot \frac{1}{(1+E)^t}. \quad (1)$$

Окупаемость происходит, когда ЧДД > 0.

Сравнительная характеристика внедрения системы «Умный дом» в регионах РФ

Город	Мензелинск	Нижневартовск
Стоимость системы	167866 руб.	125934 руб.
Площадь	98,8 кв. м	52,7 кв. м
Вид жилья	дом	квартира
Экономия на ЖКУ за 6 лет	13296,42÷16193,57 руб.	8064,88÷10467,54 руб.
Увеличение тарифа за 6 лет	На 20 %	На 26,7 %
Срок окупаемости	4 года	4 года 9 месяцев
Наличие газа	есть	нет
Отопление	нет	есть

Источники

1. Акулинушкина Т.Е., Зарипова И.Р. Значение применения технологии «Умный дом» для развития жилищно-коммунального хозяйства региона // Молодой ученый. 2019. № 18. С. 105–109.

2. Фоменко В.Ю., Бояркин В.С. Экономическое обоснование технических и технологических решений в умном доме: науч.-исслед. проект [Электронный ресурс]. URL: https://sowa-ru.com/item-work/2021-2693 (дата обращения: 02.11.22).

3. Черняк А.А. Система «Умный дом» // Молодой ученый. 2020. № 52. С. 51–53.

4. Smart home environment future challenges and issues-a survey / Hamdan Y.B. [et al.] // Journal of Electronics. 2021. Vol. 3, Iss. 1. Pp. 239–246.

5. Саитов С.Р., Чичирова Н.Д., Чичиров А.А. Баромембранные технологии в схеме водоподготовки Уфимской ТЭЦ-1 // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2017. № 2 (34). С. 58–67.

УДК 621.311

ВЫБОР СПОСОБОВ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ УЧЕБНОГО КОРПУСА И ФИНАНСИРОВАНИЕ

Акберова Гульчачак Ильгамовна[1], Зиганшин Малик Гарифович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]akberova99@bk.ru, [2]mjihan@mail.ru

Целью данной работы является исследование энергоэффективности децентрализованной системы теплоснабжения. В работе производится выбор оптимального способа инвестирования. Рассматривается лизинг, как вариант финансирования. Оценка экономической эффективности проекта будет основана на методе сравнительной эффективности с сопоставлением существующих расходов на систему централизованного теплоснабжения и расходов на децентрализацию с учетом капитальных затрат расходов на децентрализацию с учетом капитальных затрат и расходов эксплуатации, обслуживания при реализации альтернативных вариантов.

Ключевые слова: централизованный, теплоснабжения, автономный, децентрализованный.

SELECTION OF WAYS OF HEAT SUPPLY MODERNIZATION FOR EDUCATIONAL BUILDING AND OF FUNDING IT

Akberova Gulchachak Ilgamovna[1], Ziganshin Malik Garifovich[2]
[1,2,3]Kazan state power engineering University, Kazan
[1]akberova99@bk.ru, [2]mjihan@mail.ru

The purpose of this work is to study the energy efficiency of a decentralized heat supply system. In the work, the choice of the optimal investment method is made. Leasing is considered as a financing option. The evaluation of the economic efficiency of the project will be based on the method of comparative efficiency with a comparison of the existing costs of decentralization? taking into account the capital costs of the costs of decentralization, taking into account the capital costs and the costs of operation, maintenance in the implementation of alternative options.

Keywords: centralized, heat supply, autonomous, decentralized.

Климатические условия в большинстве регионов Российской Федерации значительно более суровые, и нормативы потребления топлива на теплоснабжение жилых, общественных и производственных объектов более высокие, чем в США и ведущих странах ЕС. К этому добавляется

имеющий место в централизованном теплоснабжении неустранимый недостаток, ведущий к снижению энергетической эффективности теплопотери при транспортировке потребителям. Поэтому во всех отраслях национальной экономики эффективное использование энергетических ресурсов на теплоснабжение зданий и сооружений всегда остается приоритетной и актуальной задачей. Повышение интереса к децентрализации теплоснабжения обусловлено также финансовым состоянием и инвестиционно-кредитной политикой в стране. И при новом строительстве, и при реконструкции, с финансовой стороны вопроса всегда требуется создание недорогой, экономичной и эффективной, с учетом климатических особенностей России, системы отопления созданного актива [1]. Централизованная система теплоснабжения требует большие единовременные капитальные вложения от инвестора и на источник тепловой энергии, и на ее транспортировку потребителям, а при децентрализации системы капитальные вложения уменьшаются вследствие отсутствия расходов, связанных с наружными тепловыми сетями, и меньших эксплуатационных затрат на содержание системы (ремонты, заработная плата персонала и т. п.) [3]. Все это, в конечном итоге, сказывается на тарифах за коммунальные услуги. Так же преимуществами децентрализованной системы являются возможность интегрированной автоматизации режимов потребления энергоносителей, включая потребление теплоисточника с регулировкой непосредственно по требуемой температуре в рабочей зоне. Поэтому автономные источники тепла имеют определенные преимущества перед централизованными, и в определенных случаях мероприятия по реконструкции системы отопления здания с децентрализацией теплоисточников могут рассматриваться как энергосберегающие. Вместе с тем, чтобы правильно выбрать тип системы теплоснабжения, при проектировании необходим анализ множества факторов, в том числе и то, на каком топливе будет работать автономный источник. В нашем регионе эффективным вариантом является природный газ, так как при использовании других вариантов, необходимо учитывать дополнительные затраты.

В работе производится анализ возможности перевода системы теплоснабжения зданий корпуса «Е» КГЭУ на децентрализованное с автономным источником тепла – котельной на газовом топливе, обслуживающей здания корпуса «Е» КГЭУ. Требуемая теплопроизводительность котельной с учетом потерь тепла составляет 0,61 Гкал/ч (0,709 МВт), в том числе: на отопление – 0,434 Гкал/ч (0,505 МВт), на ГВС – 0,062 Гкал/ч (0,072 МВт), вентиляция – 0,114 Гкал/ч (0,133 МВт).

К установке в котельной принимаются два газовых водогрейных котла RSA-400 с тепловой мощностью 400 кВт. Расчетная годовая потребность с учетом потерь тепла учебного корпуса «Е» КГЭУ составляет 2615,6 Гкал/год, в том числе: на отопление – 1063,5 Гкал/год, на ГВС – 457,05 Гкал/год, на вентиляцию – 93,1 Гкал/год. Расчетный часовой расход газа на проектируемую котельную составит104 $м^3$/ч [4].

Реализация рассматриваемого технического проекта потребует достаточно больших капиталовложений – около 20 млн руб. [5]. Поэтому в работе производится выбор оптимального способа инвестирования. В качестве наиболее выгодного источника финансирования принимается лизинг. Лизинг предполагает 100 % финансирование. При использовании лизинга стоимость оборудования списывается с учетом амортизации и затрат в 3 раза быстрее. Оборудования обходится на 22 % дешевле в сравнении с использованием собственных средств и на 24 % – по отношению к приобретению в кредит [2].

Источники

1. Ахметова И.Г., Мухаметова Л.Р. Актуальные вопросы повышения энергоэффективности теплоснабжения организаций // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2015. № 11-12. С. 108–113.

2. Гребнева Т.В. Лизинг в РФ: достоинства и недостатки лизинговых операций // Новая наука: Опыт, традиции, инновации. 2020. № 3-1 (71). С. 78–81.

3. Стенников В.А., Пеньковский А.В. Рынок тепла: мировой опыт развития централизованного теплоснабжения // Энергетическая политика. 2021. № 10 (164). С. 64–75.

4. Акберова Г.И., Зиганшин М.Г. Выбор способов оптимизации источников финансирования для децентрализации теплоснабжения учебного корпуса «Е» КГЭУ // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VII Нац. науч.-практ. конф. КГЭУ. Казань, 2022. С. 259–260.

5. Акберова Г.И., Зиганшин М.Г. Лизинг и кредит как способы финансирования перевода учебного корпуса КГЭУ на децентрализованное теплоснабжение // Энергетика в условиях цифровой трансформации. Наука. Технологии. Инновации: сб. матер. Междунар. науч.-практ. конф. Волжский МЭИ. 2021. С. 149–153.

УДК 004.94:007.5

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

Алемасов Евгений Павлович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
alemasov.evgeniy@mail.ru

В статье анализируются проблемы информатизации бизнес-процессов в сфере жилищно-коммунального хозяйства, а именно уборка территорий населенных мест и обслуживание жилищно-коммунальной техники в процессе формирования цифровой экономики. Рассмотрено имитационное моделирование как инструмент повышения эффективности деятельности и управления жилищно-коммунальным хозяйством.

Ключевые слова: имитационное моделирование, AnyLogic, GPSS STUDIO, дискретно-событийное моделирование, жилищно-коммунальный транспорт.

SIMULATION MODELING AS A TOOL TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF HOUSING AND COMMUNAL TRANSPORT MANAGEMENT

Alemasov Evgeny Pavlovich
Kazan state power engineering University, Kazan
alemasov.evgeniy@mail.ru

The article analyzes the problems of informatization of business processes in the field of housing and communal services, namely, cleaning of populated areas and maintenance of housing and communal equipment in the process of formation of the digital economy. Simulation modeling is considered as a tool for improving the efficiency of activities and management of housing and communal services.

Keywords: simulation modeling, AnyLogic, GPSS STUDIO, discrete event modeling, housing and communal transport.

Экономический механизм, возникший сегодня в сфере жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ), не обеспечивает эффективную и надежную работу коммунальных предприятий, их своевременную модернизацию и удовлетворение растущих потребностей потребителей. Несмотря на то, что различные организационно-правовые формы функционирования ЖКХ

активно тестируются, обновленные бизнес-процессы не всегда способствуют повышению эффективности работы коммунальных служб [1]. В то же время цифровизация, охватившая все сферы экономической деятельности, серьезно меняет механизм управления.

Большую роль в эффективном управлении ЖКХ играет правильное распределение жилищно-коммунальной техники. Одной из ключевых проблем является составление расписания выезда снегоуборочной техники на маршруты так, чтобы при этом не загружать плотность потока движения транспорта. Математические модели и концепция имитационного моделирования позволяют очень эффективно «проиграть» сценарий движения транспорта, рассчитать время его движения и работы, влияние на загруженность транспортного потока и предоставить правдоподобные оценки для различных условий движения [2].

Имитационное моделирование – это универсальный инструмент представления реальной системы в цифровом формате, проведение вычислительного эксперимента с помощью ЭВМ и программного обеспечения, алгоритмов и технологий программирования [3]. На сегодняшний день используются три основных концепции построения имитационной модели:

– системная динамика;

– дискретно-событийное моделирование;

– агентное моделирование [4].

Системы имитационного моделирования, такие как AnyLogic и GPSS STUDIO используют концепции объектно-визуального проектирования, имеют автоматизированные средства формально-статистического анализа и обработки данных, отличаются мощными возможностями разработки графического интерфейса модели, что позволяет наглядно, компактно и достоверно представить информацию, повысить гибкость и простоту модификации модели [5].

Цифровые модели являются программным аналогом физического устройства, которое моделирует внутренние процессы, технические характеристики и поведение реального объекта, влияние помех и окружающей среды. Важной особенностью цифровой модели является то, что информация от датчиков реального устройства, работающего параллельно, используется для назначения входных воздействий на неё [6]. Комплекс интерактивных инструментов оперативного анализа результатов экспериментов дает возможность быстрого нахождения «узких мест» системы, что влияет на эффективность работы системы и снижает сроки исследования,

позволяет оптимизировать движение транспорта, снизить загруженность плотности потока, избегать возникновение ДТП, связанных с движением коммунальной техники.

Таким образом, применение имитационного моделирования для создания цифровых систем деятельности ЖКХ и формирования расписания движения жилищно-коммунальной техники позволяет выявить показатели, влияющие на эффективность управления коммунальным транспортом, провести анализ текущих показателей, рассчитать и предсказать параметры модели для достижения оптимального варианта расписания движения коммунальной техники.

Источники

1. Алемасов Е.П., Зарипова Р.С. Разработка системы учета заявок для управляющей компании // Наука Красноярья. 2020. Т. 9, № 4-4. С. 39–43.

2. Оптимизации управления транспортной системой города с помощью методов и средств моделирования / И.Х. Салаватов [и др.] // Имитационное моделирование. Теория и практика: тр. 7-й Всерос. науч.-практ. конф.: в 2 т. / Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН; под общ. ред. С.Н. Васильева, Р.М. Юсупова. М., 2015. С. 192–198.

3. Маликов Р.Ф., Усманова А.Р. Практикум по дискретно-событийному моделированию сложных систем в среде GPSS-Studio: практикум. Уфа: Изд-во БГПУ, 2021. 395 с.

4. Девятков В.В., Девятков Т.В., Федотов М.В. Имитационные исследования в среде моделирования GPSS STUDIO: учеб. пособие / под ред. д-ра экон. наук В.В. Девяткова. М.: Вузовский учебник; ИНФРА-М, 2017. 233 с.

5. Юданова В.В. Оптимизация бизнес-процессов в сфере обслуживания методами имитационного моделирования // Концепт. 2017. № 11. С. 141–150.

6. Звонарева Ю.Н., Кузборская К.С. Изменение параметров работы систем теплоснабжения при поэтапном внедрении АИТП // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2021. Т. 13, № 2 (50). С. 109–118.

УДК 621.313.320

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ АЭС

Амирова Алина Илдаровна[1], Вилданов Рустем Ренатович[2],
Шайхутдинов Карим Ленарович[3]
[1,2] ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]alinaamirovaa13@gmail.ru, [2]rustrenat@rambler.ru

В статье рассмотрены два вида воздействия АЭС на окружающую среду, в сравнении с ТЭЦ, а также ее принципиальные особенности.

Ключевые слова: экологичность, воздействие атомной энергетики.

ENVIRONMENTAL FEATURES OF NPP

Amirova Alina Ildarovna[1], Vildanov Rustem Renatovich[2],
Shaikhutdinov Karim Lenarovich[3]
[1,2]Kazan state power engineering University, Kazan
[1]alinaamirovaa13@gmail.ru, [2]rustrenat@rambler.ru

The article considers two types of NPP impact on the environment, in comparison with CHP, as well as its fundamental features.

Key words: environmental friendliness, the impact of nuclear energy.

Атомная энергетика обладает значительными экологическими преимуществами, обеспечивающие ей хорошие перспективы в будущем. Возможность замены невозобновляемых энергоресурсов, высвобождение транспорта и значительные запасы ядерного топлива придают атомной энергетике высокую конкурентоспособность. Но АЭС, а также другие промышленные и энергетические объекты имеют огромное воздействие на окружающую среду, происходящие за счет технологических тепловых сбросов (тепловые загрязнения), общепромышленных отходов, а также выбросов в результате эксплуатации газообразных и жидких радиоактивных продуктов [1].

Следовательно, обеспечение экологической безопасности АЭС – основное условие функционирования атомной энергетики. Важной характеристикой безопасности атомной электростанции является ограничение его возможного воздействия на население и окружающую среду в случае аварии.

Рассмотрим основные виды нерадиационного воздействия на окружающую среду: термическое воздействие, сброс загрязняющих веществ в водные объекты, выбросы загрязняющих веществ в атмосферу и складирование отходов на площадке.

На АЭС, как и на ТЭЦ, огромное количество теплоты отводится во внешнюю среду от конденсаторов паровых турбин. Но отличие заключается в том, что на АЭС это количество примерно в 1,2–1,3 раза больше, чем на ТЭЦ, вследствие низкого КПД (33–35 %), остальные 65–67 % выделяются в атмосферу и гидросферу, что вызывает тепловое загрязнение поверхностных вод. У сбрасываемых вод, которые используются для охлаждения внешних контуров реакторов и относятся к условно чистым, имеют повышенную температуру. Это как следствие приводит к гибели живых организмов и уменьшению концентрации кислорода.

Электростанции снабжены системами фильтрации, которые не пропускают попадание вредных веществ в воздух, поэтому в случае безаварийной работы АЭС не происходит практически никакого загрязнения атмосферы. Более того, использование атомной энергетики способствует уменьшению выбросов парниковых газов, т.к. не производится углекислый газ. По сравнению с ТЭЦ, АЭС не выбрасывают в атмосферу дымовые газы, не производят золу, сажу и токсичные газы, которые могут вызывать кислотные дожди и отравления.

Рассмотрим радиационное воздействие АЭС, которое значительно ниже, чем у ТЭС. Данное обстоятельство связано с тем, что радиационное воздействие на ТЭС не нормируется, в отличие от АЭС, поэтому формируемая дозовая нагрузка может быть значительно больше. Низкое облучение электростанциями контролируется санитарно-гигиеническим законодательством – нормами радиационной безопасности и санитарными правилами проектирования и эксплуатации атомных станций. Дозовая квота АЭС – 5 % продуктов деления (ПД) – 0,25 $м^3$в/год, что равно 1/4–1/5 естественного фона.

На российских атомных электростанциях предусмотрена автоматическая система контроля радиационной обстановки (АСКРО), оснащенная датчиками, фиксирующие уровень радиации возле опасных объектов в режиме реального времени [5].

Важнейшие принципиальные особенности АЭС:

− ядерное топливо имеет в миллионы раз большую концентрацию энергии и неисчерпаемые ресурсы, в случае применения реакторов на быстрых нейтронах;

− отходы атомной энергетики имеют относительно малые объемы и могут быть надежно локализованы, а наиболее опасные из них можно перерабатывать в ядерных реакторах [3].

Таким образом, можно сделать вывод о том, что помимо большой мощности, экономичности и преимущества в топливных расходах атомной энергетики, экологичность тоже является достоинством АЭС. Поэтому решение экологических проблем атомной энергетики очень важно, так как для большинства стран она является хорошей возможностью получения недорогой энергии вне зависимости от политических условий других государств.

Источники

1. Экологические особенности атомных электростанций (АЭС) с реакторами на быстрых нейтронах на всех стадиях их жизненного цикла / О. Ташлыков [и др.] // Труды ВИТ по экологии и окружающей среде. 2014. Т. 190. С. 907–918.

2. Крашенинников М.А., Хасанов З.М. Экологическая политика в энергетике // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2008. № 3-4. С. 131–133.

3. Крашенинников М.А., Хасанов З.М. Ядерная энергетика в свете экологии // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2008. № 1-2. С. 141–143.

4. Некоторые особенности воздействия АЭС на окружающую среду / В.А. Седнев [и др.] // Энергетические установки и технологии. 2016. Т. 2, № 3. С. 89–93.

5. Влияние на окружающую среду работы атомных электростанций. Преимущества по сравнению с другими отраслями [Электронный ресурс] // Greenologi: о качестве жизни. URL: https://greenologia.ru/eko-problemy/atomnye-elektrostancii.html (дата обращения: 06.11.2022).

УДК 621.311

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЖКХ

Амирова Алина Илдаровна[1], Саитов Станислав Радикович [2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]alinaamirovaa13@gmail.ru, [2]caapel@mail.ru

В статье рассмотрены наиболее актуальные методы энергосбережения на сегодняшний день и перечень ключевых мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности в ЖКХ.

Ключевые слова: энергосбережение, ЖКХ, энергоэффективность.

ENERGY SAVING IN HOUSING AND UTILITIES

Amirova Alina Ildarovna[1], Saitov Stanislav Radikovich [2]
[1,2]Kazan state power engineering University, Kazan
[1]alinaamirovaa13@gmail.ru, [2]caapel@mail.ru

The article discusses the most relevant methods of energy saving to date, the methods of energy saving in housing and communal services are considered in more detail.

Keywords: energy saving, housing and communal services, energy efficiency.

Доступность коммунальных благ, в том числе электроэнергии, создает у многих людей ошибочное мнение о том, что эти блага появляются из ниоткуда, и они никогда не закончатся. Зачем их экономить, если они есть у каждого и за доступную цену? Но такое представление о расточительном использовании электроэнергии быстро приведет к негативным последствиям, так как в основном все ресурсы, которые используются при выработке энергии, являются невозобновляемыми.

Отсутствие рационального подхода к использованию энергии приведет к тому, что она в скором времени станет менее доступной и более дорогой. По прогнозам, потребность в энергоресурсах в мире вырастет к 2025 г. в 1,5 раза, а доля органического топлива как источника энергии превысит 90 % к 2030 г. Растущий спрос на энергию, особенно в развивающихся странах, при дефиците ресурсов приведет к обострению конкуренции на мировых рынках, что существенно скажется на динамике цен [1].

Основным шагом, направленным на комплексное решение проблемы энергосбережения, стало принятие ФЗ от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности

и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [2]. Закон обозначил первоочередные направления повышения энергоэффективности и сроки их внедрения.

Чтобы экономить энергию, необходимо эффективно использовать энергоресурсы, для чего применяются различные методы энергосбережения, из которых наиболее актуальные:

1) внедрение энергосберегающих технологий (с помощью системы привода с регулируемой скоростью, высокоэффективных двигателей, эффективных насадок в системе сжатого воздуха, рекуперации отработанного тепла системы в котлах и т. д.);

2) мероприятия по экономии электроэнергии на освещении;

3) энергосбережение в транспортной отрасли (путем создания насадок для автомобилей, преобразующих тепло выхлопных газов в электричество);

4) энергосбережение за счет управления (энергоменеджмент).

Рассмотрим перечень ключевых мероприятий, направленных на повышение энергоэффективности в ЖКХ [3]:

1) экономия топлива при производстве тепловой и электрической энергии;

2) повышение энергоэффективности тепловых сетей;

3) повышение энергоэффективности электрических сетей и системы освещения;

4) повышение энергоэффективности систем водоснабжения;

5) рассмотрение «нетрадиционных» способов энергосбережения в ЖКХ.

Источники

1. Феноменов К.Н. Концепция энергосбережения в ЖКХ России // Экономическое возрождение России. 2011. № 3. С. 37–42.

2. Энергосбережение в ЖКХ: учеб.-практ. пособие в системе ЖКХ / Б.В. Башкин [и др.]; под ред. Л.В. Примака, Л.Н. Чернышова. М.: Альма Матер: Академический Проект, 2011. 581 с.

3. Коваль С.П. Энергосбережение в ЖКХ: 96 способов [Электронный ресурс] // Эско. Города и здания. 2014. № 6-7. URL: https://ecoteco.ru/library/magazine/4/economy/energosberezhenie-v-zhkh-96-sposobov/ (дата обращения: 21.10.2022).

4. Бадах В.Ф., Кузнецова А.Д. Реальное энергосбережение в ЖКХ России // Технико-технологические проблемы сервиса. 2015. № 1 (31). С. 114–118.

5. Sahoo S. K. Renewable and sustainable energy reviews solar photovoltaic energy progress in India: A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2016. Vol. 59. Pp. 927–939.

6. Саитов С.Р., Чичирова Н.Д., Чичиров А.А. Баромембранные технологии в схеме водоподготовки Уфимской ТЭЦ-1 // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2017. № 2 (34). С. 58–67.

УДК 621

ХРАНЕНИЕ ВОДОРОДА НА ТЭЦ

Андреянов Денис Александрович[1], Разакова Регина Иршатовна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]andreyanov.den@mail.ru, [2]razakova.ri@kgeu.ru

В статье показан метод хранения водорода на тепловых электрических станциях, описано устройство ресиверов, показана правильность маркировки и описано как выполняется пуск и остановка ресивера на ТЭЦ.

Ключевые слова: хранение водорода, тепловая электрическая станция, ресивер.

HYDROGEN STORAGE AT A THERMAL POWER PLANT

Andreyanov Denis Aleksandrovich[1], Razakova Regina Irshatovna[2]
[1,2]Kazan state power engineering University, Kazan
[1]andreyanov.den@mail.ru, [2]razakova.ri@kgeu.ru

The article shows the method of hydrogen storage at thermal power plants, describes the device of receivers, shows the correctness of labeling and describes how the receiver is started and stopped at a thermal power plant.

Keywords: hydrogen storage, thermal power plant, receiver.

В водороде самое привлекательное это гибкость и эффективные процессы преобразования энергии, а самое главное это экологическая чистота. Хорошо освоены технологии производства водорода и имеют неограниченную базу сырья.

Однако низкая плотность газообразного водорода, низкая температура его ожижения, а также высокая взрывоопасность в сочетании с негативным воздействием на свойства конструкционных материалов ставят на первый план проблемы разработки экономически и технически эффективных и безопасных систем хранения водорода [1, 2].

Ресивер для хранения водорода – это оборудование, предназначенное для приема, хранения и выдачи водорода с целью его дальнейшей эксплуатации. Представляет из себя, цилиндрический сосуд с эллиптическим днищем, изготовленный из углеродистой или нержавеющей стали.

Ресиверы для водорода являются сосудами которые не обогреваются, работают под давлением, представляют собой конструкцию сварную, имеющую простую геометрическую форму. Днище и обечайка соединяются между собой сварным методом. На днище и обечайке

ресивера располагаются штуцеры, диаметр у которых приблизительно 0,5 м и меньше диаметра цилиндра, к которому они привариваются [1]. Штуцеры эти нужны для монтажа на ресивер разных защитных устройств, на арматуре, контрольно-измерительных приборах, и основной безопасности, а также для ввода и вывода рабочей среды. Чтобы осмотреть внутреннюю поверхность ресивера можно, осуществить осмотр через штуцер, который служит лючком для осмотра [2]. Опоры, которые приваренные к дну ресивера, нужны для его установки.

Ресиверы для хранения водорода

Паспортная табличка должна быть прикреплена к ресиверу и иметь в себе информацию: товарный знак изготовителя, условное обозначение ресивера, заводской номер по системе нумерации изготовителя, рабочее давление (P, Мпа), пробное давление (П, Мпа), минимальная температура стенки при эксплуатации ($t_{мин}$,ºС), температура ($t_{мах}$,ºС), стенки при эксплуатации ($t_{макс}$,ºС), вместимость (V, л), масса ресивера (M, кг), год изготовления, клеймо ОТК изготовителя, национальный знак соответствия, год маркировки национальным знаком соответствия.

Перед началом работы ресивера нужно сравнить производительность компрессорной установки, которая нагнетает в ресивер рабочую среду, с предохранительным клапаном, а точнее с его пропускной способностью [3]. Производительность компрессора должна быть меньше пропускной способности предохранительного клапана, при необходимости нужно установить дополнительный предохранительный клапан.

Перед тем как запустить или остановить ресивер, нужно предусматривать наличие запорной и запорно-регулирующей арматуры [4]. Существуют требования правил эксплуатации сосудов под давлением, по этим правилам выбирается место установки арматуры. Трехходовой кран должен быть на отводящем трубопроводе или иное устройство, которое позволяет сбросить давления рабочей среды из ресивера, если он отключится от пневматической сети или остановка связана с техническим освидетельствованием, ремонтом или в аварийной ситуации [6].

При первом запуске давление увеличивать нужно постепенно до достижения рабочего. В минуту скорость подъема давления не должна превышать 0,5 МПа. Так же нужно посмотреть исправное действие арматуры и соединения на плотность контрольно-измерительных приборов и предохранительных устройств от излишнего давления [5].

Ресиверы для хранения водорода выпускаются в различный компоновках, горизонтальном и вертикальном варианте, зависит это от особенностей аппарата и возможности для размещения, и соответственно требований заказчика. Надо отметить, что эти аппаратов устанавливается на поверхности, что отвечает все требованиям безопасности при эксплуатации резервуаров для хранения водорода.

Стоит отметить, что требуется дополнительная защита от коррозии, так как данный газ может вступить в окислительную реакцию с металлом. Чтобы предотвратить разрушение внутренних стенок сосуда, их нужно покрыть специальным композитным составом в 2 или более слоев. Нужно делать просушку каждого слоя, чтобы добиться максимальной прочности, долговечности покрытия, что продлевает срок службы аппарата в целом.

Технические характеристики ресиверов водорода

№ п/п	Параметры	Значения
1	Конструктивное исполнение	Горизонтальные, вертикальные
2	Объем, $м^3$	До 200
3	Способ установки	Наземный
4	Рабочее давление, МПа	До 1,4
5	Давление предельное, МПа	До 16,0
6	Рабочая температура, °С	От –40 до +80
7	Рабочая температура среды, °С	От –60 до +300
8	Формы днищ	Эллиптические

Источники

1. Проблемы аккумулирования и хранения водорода / В.Н. Фатеев [и др.] // Chemical Problems. 2018. № 4 (16). С. 453–483.

2. Современные направления развития водородных энергетических технологий / А.А. Филимонова [и др.] // Надежность и безопасность энергетики. 2019. Т. 12, № 2. С. 89–96.

3. Коваленко В.П., Пуляев Н.Н., Тодорив А.В. Методы хранения водорода в условиях агропромышленного комплекса // Международный технико-экономический журнал. 2014. № 6. С. 103–107.3.

4. ТУ 25.29.12-015-64895460-2018. Сосуды и аппараты стальные сварные, работающие под избыточным давлением серии PST, типов РВ, РГ, PS [Электронный ресурс]. URL: https://docs.cntd.ru/document/437242925 (дата обращения: 09.11.2022).

5. Паспорт сосуда, работающего под давлением [Электронный ресурс] URL: http://www.oxtrud.narod.ru/oxtrud/pasporta_vsekh_sosudov_rabotajushhikh_pod_davlenie.pdf (дата обращения: 09.11.2022).

УДК 661.183.12

ПРЯМОТОЧНАЯ РЕГЕНЕРАЦИИ ИОНООБМЕННЫХ ФИЛЬТРОВ

Бабиков Олег Евгеньевич[1], Чичирова Наталия Дмитриевна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]Olegsey1998@yandex.ru, [2]ndchichirova@mail.ru

В процессе водоподготовки на тепловых электрических станциях широко применяются ионообменные технологии, позволяющие добиться высокого качества обрабатываемой воды, тем самым повысить эффективность работы водоподготовительных установок. Процесс регенерации ионообменных фильтров может проводится различными методами. В данной статье рассмотрен способ прямоточной регенерации ионитов, выделены основные преимущества и недостатки.

Ключевые слова: водоподготовка, ионообменные смолы, ионообменный фильтр, регенерация, регенерационный раствор, тепловые электрические станции.

ION-EXCHANGE FILTERS DIRECT-FLOW REGENERATION

Babikov Oleg Evgenievich[1], Chichirova Natalia Dmitrievna[2]
[1,2]Kazan state power engineering University, Kazan
[1]Olegsey1998@yandex.ru, [2]ndchichirova@mail.ru

During the process of water treatment at thermal power plants, ion-exchange technologies are widely used to achieve high quality of treated water, thereby increasing the efficiency of water treatment plants. The process of ion-exchange filters regeneration can be carried out by various methods. In this article, the method of direct-flow regeneration of ion exchangers is considered, the main advantages and disadvantages are highlighted.

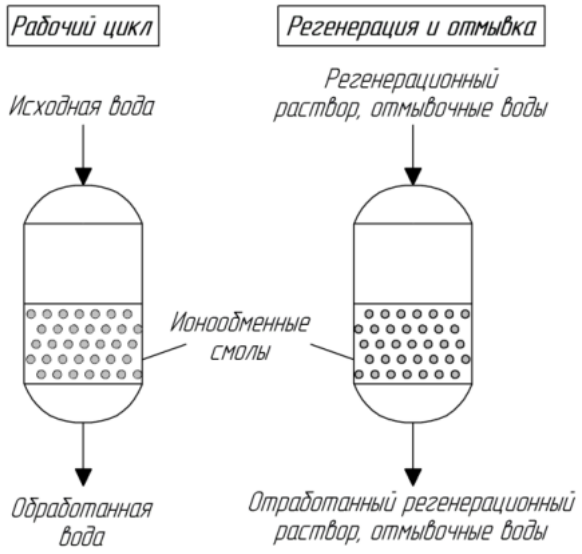
Keywords: water treatment, ion-exchange resins, ion-exchange filter, regeneration, regeneration solution, thermal power plants.

На тепловых электрических станциях (ТЭС) для подготовки воды нашли широкое применение ионообменные технологии, совместно с мембранными методами и термическим обессоливанием [1, 2]. Применение ионного обмена позволяет добиться высокого качества обрабатываемой воды, но требует больших затрат реагентов на регенерацию.

Регенерация ионообменных смол является важной частью эксплуатации ионообменных фильтров. В процессе работы ионообменных фильтров происходит истощение ионитов, которое в дальнейшем приводит

к проскоку ионов в обрабатываемую воду. При обнаружении данного явления необходимо проводить восстановление ионообменной емкости ионитов путем регенерации. Наиболее распространенными способами регенерации ионитов являются прямоточная и противоточная регенерация [3, 4].

Прямоточный ионообменный фильтр реализует классический вариант осуществления процесса обессоливания или умягчения воды методом ионного обмена (см. рисунок). Регенерационный раствор и потоки отмывочной воды проходят через ионообменную емкость в одном направлении. Обрабатываемая вода поступает сверху вниз последовательно через фильтр, заполненный катионитом или фильтр, заполненный анионитом. Объем, занимаемый ионообменной смолой, составляет не более 60 % внутреннего объема фильтра. В процессе регенерации регенерационный раствор поступает также сверху вниз. Из-за данной особенности такие фильтры относят к прямоточной (параллельной) технологии ионного обмена.



Принцип работы и регенерации прямоточных ионообменных фильтров

Прямоточная технология регенерации ионитов имеет следующие достоинства: возможность изменения рабочей нагрузки фильтра в широком диапазоне без ухудшения качества подготавливаемой воды, рабочий цикл чередуется с процессом регенерации и отмывки ионообменного фильтра, при этом удаляются взвешенные примеси, разрушенные частицы ионообменных смол, простота и надежность конструкции фильтров.

Недостатками прямоточной технологии регенерации ионитных фильтров являются:

– перерасход химических реагентов и существенный объем отмывочных вод [5];

– неполнота регенерации нижних слоев ионита, вследствие уменьшения концентрационного напора;

– большой объем высококонцентрированных сточных вод;

– объем фильтра заполнен ионитом не полностью, чтобы обеспечить проведение обратной промывки;

– длительная продолжительность процесса регенерации и отмывки фильтра.

Источники

1. Власова А.Ю., Власов С.М. Исследование технологической установки утилизации сточных вод после регенерации Н-катионитовых фильтров // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики: матер. 92-го заседания Междунар. науч. семинара им. Ю.Н. Руденко. Иркутск, 2020. С. 305–309.

2. Чичирова Н.Д., Ахметова И.Г. Традиционные и современные решения методов водоподготовки промышленной теплоэнергетики // Энергосбережение и водоподготовка. 2016. № 3 (101). С. 8–14.

3. Рябчиков Б.Е. Сравнительные исследования эффективности регенерации ионообменного фильтра различными способами // Энергосбережение и водоподготовка. 2006. № 5. С. 2–6.

4. Громов С.Л., Пантелеев А.А. Технологии противоточной регенерации ионитов для водоподготовки. Часть 2 // Теплоэнергетика. 2006. № 11. С. 50–55.

5. Банокина А.И. Сравнительный анализ «традиционной» ионообменной и баромембранной технологий водоподготовительных установок // Матер. XXV Всерос. аспирантско-магистерский науч. семинара, посвящ. Дню энергетика: в 3 т. Казань, 2022. Т. 2. С. 6–10.

УДК 004.942

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОПКИ КОТЛА ТП-14А ДЛЯ НАХОЖДЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ СПОСОБОВ СНИЖЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ

Валиуллина Елизавета Станиславовна[1], Зиганшин Малик Гарифович[2]
[1,2] ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]elizavetazheltukhina@ya.ru, [2]mjihan@mail.ru

Рассмотрены вопросы, связанные с выбросами загрязняющих веществ в атмосферу при оказании услуг по энергоснабжению и обращению с коммунальными отходами. Проанализированы пути загрязнения атмосферного воздуха токсическими соединениями при существующих способах термической обработки отходов. Вопросы снижения содержания токсичных выбросов в продуктах сгорания исследуются на основе численного эксперимента с использованием вычислительной гидродинамики (CFD). Рассмотрены процессы горения в топке котла ТП-14А (Е-220/100). В рамках исследуемой геометрии определены адекватные граничные условия для процессов аэродинамики, теплообмена и горения топлива.

Ключевые слова: мусоросжигательные заводы, сжигание, твердые отходы, атмосферные загрязнения, промышленность, оксиды азота, диоксины и фураны.

SIMULATION OF THE FURNACE OF THE TP-14A BOILER TO FIND THE OPTIMAL WAYS TO REDUCE HARMFUL EMISSIONS

Valiullina Elizaveta Stanislavovna[1], Ziganshin Malik Garifovich[2]
[1,2]Kazan state power engineering University, Kazan
[1]elizavetazheltukhina@ya.ru, [2]mjihan@mail.ru

The issues related to the emissions of pollutants into the atmosphere during the provision of services for energy supply and municipal waste management are considered. The ways of atmospheric air pollution by toxic compounds with existing methods of thermal waste treatment are analyzed. Issues of reducing the content of toxic emissions in combustion products are investigated on the basis of a numerical experiment using computational fluid dynamics (CFD). The processes of combustion in the furnace of the boiler TP-14A (E-220/100) are considered. Within the framework of the studied geometry, adequate boundary conditions for the processes of aerodynamics, heat transfer, and fuel combustion are determined.

Keywords: waste incineration plants, incineration, solid waste, atmospheric pollution, industry, nitrogen oxides, dioxins and furans.

Загрязнение воздуха является одной из самых серьезных экологических угроз для здоровья человека. Отрицательное воздействие на состояние атмосферного воздуха оказывает постоянное взаимодействие человека с окружающей средой.

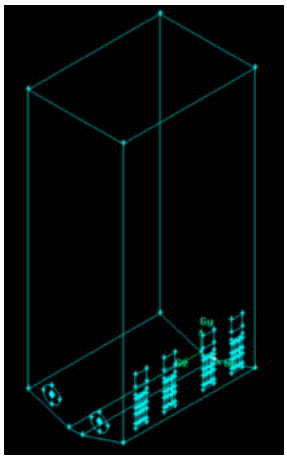
Числовая оценка токсичности источников выбросов [1] показывает, что с точки зрения загрязнения окружающей среды централизованные и децентрализованные генерирующие объекты не опережают предприятия ЖКХ, занимающиеся оборотом коммунальных отходов. Например, свалочный газ – биогаз, образующийся в результате анаэробного разложения органических отходов, выделяющийся на полигонах ТКО, рассматривается в основном как несущественный источник атмосферного выброса. Выход «свалочного» газа на крупных полигонах не превышает 5 тыс. $м^3$/ч, что несравнимо меньше выбросов ТЭС. При этом, более чем на 90 % он состоит из углекислого газа, аммиака и метана. Однако оставшаяся часть его загрязнителей представлена самыми различными классами химических соединений, в том числе полихлорированными дибензо-n-диоксионами и дибензофуранами (ПХДД/Ф) [2, 3]. Диоксины представляют собой группу химически связанных соединений, которые являются устойчивыми загрязнителями окружающей среды [4]. Эти высоко токсичные соединения могут вызывать проблемы в области репродуктивного здоровья и развития, поражения иммунной системы, гормональные нарушения и раковые заболевания [5].

Наиболее распространенным способом мусорообработки является его сжигание в качестве твердого топлива, при трансформации которого образуются различные химические соединения. Мусоросжигательные установки являются основными источниками поставки ПХДД/Ф в атмосферу. Для уменьшения образования токсичных соединений при сжигании мусора важно установить последовательность стадий трансформации исходных компонентов в термоокислительной зоне.

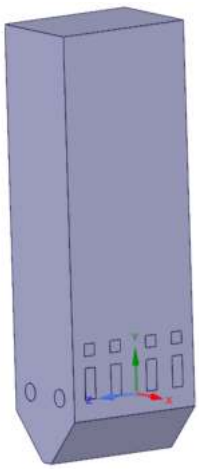
Для возможности моделирования процесса сжигания топлива была выбрана конструкция топочного устройства котла Е-220/100 (ТП-14А, ОАО ТКЗ «Красный котельщик») и создана информационная модель в предпроцессоре Ansys Gambit (рис. 1, *а*) с последующим ее переносом в процессор Ansys Fluent 6.3.

Моделирование сжигания твердых коммунальных отходов (ТКО) является сложной задачей ввиду отсутствия в программе Ansys Fluent 6.3 свойств и веществ, входящих в состав ТКО.

Одним из возможных путей обеспечения точности результатов при количестве исходных компонентов топлива, близких к реальным при инсинерации представляется использование программных средств ANSYS Chemkin и Energico. Информационная модель для данных программных средств строится в программном обеспечении Ansys SpaceClaim (рис. 1, *б*).



а



б

Рис. 1. 3D-модель топочной камеры котла ТП-14А:
а – в программе Gambit; *б* – в программе Ansys SpaceClaim

ANSYS Chemkin и Energico являются незаменимыми продуктами для нахождения условий разложения сжигаемых отходов до соединений, подобных альдегидам в реакциях окисления углеводородов, завершающиеся конечными продуктами. Это позволит существенно сократить число ступеней реакций в исследованиях и, соответственно, уменьшить их ресурсозатратность.

Источники

1. Зиганшин М.Г. Методика оценки эффективности генерации на тепловых электрических станциях с учетом выброса загрязнителей // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2019. Т. 21, № 6. С. 29–38.

2. Emission characteristics of PCDD/Fs in stack gas from municipal solid waste incineration plants in Northern China / Z. Feng [et al.] // Chemosphere. 2018. Vol. 200. Pp. 23–29.

3. F levels and phase distributions in a full-scale municipal solid waste incinerator with co-incinerating sewage sludge / Z. Rigang [et al.] // Waste Management. 2020. Vol. 106. Pp. 110–119.

4. Опыт освоения современных котельных установок российского производства / А.Н. Тугов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2018. Т. 20, № 7-8. С. 87–98.

5. Inhibition of element sulfur and calcium oxide on the formation of PCDD/Fs during co-combustion experiment of municipal solid waste / Hongting Ma [et al.] // Science of the Total Environment. 2018. Vol. 633. Pp. 1263–1271.

УДК 620.9

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ И ВЕРТИКАЛЬНОЙ РАЗВОДКИ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ В МКД

Варганова Ангелина Михайловна[1], Закиров Ринат Нургалиевич[2]
[1,2] ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]linavrgnv@gmail.com, [2] zakirov.kgeu@mail.ru

Описаны и спроектированы системы отопления для многоквартирного жилого дома с двумя вариантами присоединения абонентов к централизованному теплоснабжению: с горизонтальной и вертикальной разводкой.

Ключевые слова: теплоснабжение, система отопления, горизонтальная разводка, вертикальная разводка, проектирование систем отопления

DESIGN OF HORIZONTAL AND VERTICAL WIRING OF THE HEATING SYSTEM IN MKD

Varganova Angelina Mikhailovna[1], Zakirov Rinat Nurgalievich[2]
[1,2]Kazan state power engineering University, Kazan
[1]linavrgnv@gmail.com, [2] zakirov.kgeu@mail.ru

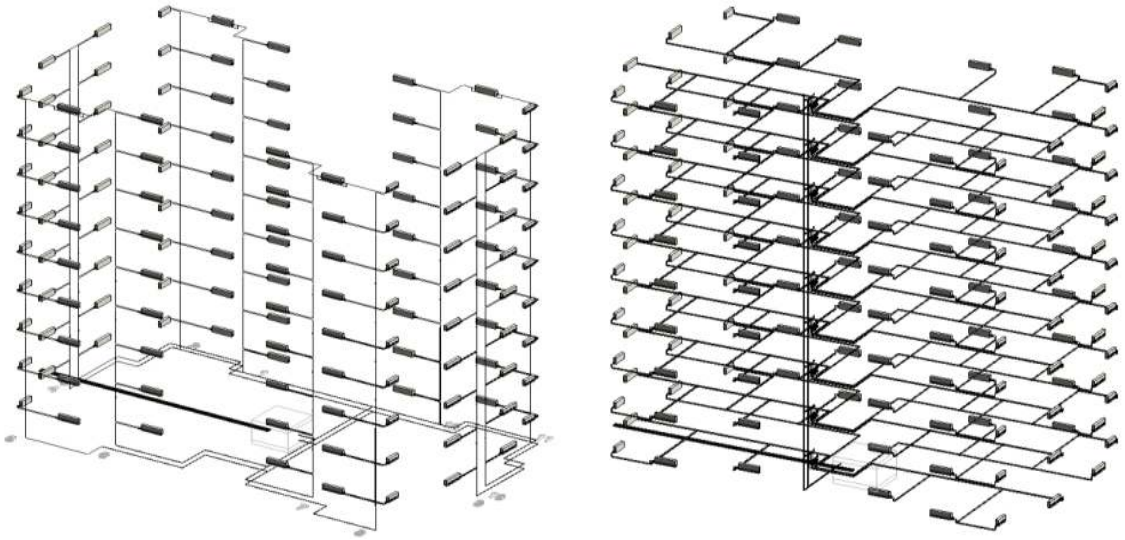
Heating systems for an apartment building with two options for connecting subscribers to centralized heat supply are described and designed: with horizontal and vertical wiring.

Keywords: heat supply, heating system, horizontal wiring, vertical wiring, design of heating systems.

Проблема рационального потребления и распределения тепловой энергии системами отопления по-прежнему является актуальной, так как при климатических условиях нашей страны теплоснабжение жилых зданий является наиболее энергоемким в сравнении с другими инженерными системами. В последние годы были созданы предпосылки для строительства новых жилых домов с пониженным энергопотреблением за счет повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций, оптимизации градостроительных и объемно-планировочных решений, а также за счет использования энергоэффективных инженерных систем.

В настоящее время в МКД чаще всего встречаются вертикальные системы, при которых монтируются две вертикальные трубы от нижнего до верхнего этажа: по одной подается горячий теплоноситель, по другой он спускается обратно [2]. В рассматриваемой далее П-образной разводке к подающему и обратному стоякам подключаются радиаторы (рис. 1, *а*).

Для создания зданий с более эффективным использованием тепловой энергии, обеспечивающих комфортные условия для проживания человека, необходимы современные системы отопления [1]. В связи с этим за последнее десятилетие в России наибольшее распространение стали получать горизонтальные системы отопления. При которых, как правило, еще на стадии создания проекта создаются технические помещения на всех этажах, в которых будет вертикально проложен подающий и обратный главные стояки системы отопления, соединенные с тепловым пунктом здания. На каждом отдельном этаже устанавливаются коллекторы для распределения тепловой энергии, количество ответвлений на них зависит от количества потребителей на этаже. Отопительные приборы присоединяются к подающей поквартирной магистрали с помощью лучевой двухтрубной системы (рис. 1, *б*).



а *б*

Рис. 1. Система отопления в МКД: *а* – вертикальная; *б* – горизонтальная

Сегодня существуют возможности разработки информационных моделей здания и инженерных систем. В Revit MEP можно проектировать инженерные системы на основе BIM-моделирования. Все данные по моделям динамически связаны друг с другом, что позволяет согласованно вносить исправления, исключать коллизии, и повышает точность. Технология параметрического управления изменениями, используемая в Autodesk Revit MEP, обеспечивает актуальность документации на протяжении всего жизненного цикла здания [3].

Представленные системы отопления проектировались в Autodesk Revit 2019 для визуального сравнения и оценки особенностей разводок, при этом отопительные приборы, ограждающие конструкции и план типового этажа МКД не изменялись.

В данной работе для расчетного варианта теплоснабжения здания, в соответствии с нормативами проектирования жилых домов, спроектированы две системы отопления с вертикальной и горизонтальной разводкой. Анализ двух систем разводки отопления позволяет нам выделить особенности, раскрывающие их достоинства и недостатки (см. таблицу).

Особенности разводок систем отопления в многоквартирном доме

Сравнительные характеристики	Горизонтальная	Вертикальная
Гидравлическая зависимость абонентов	Независима	Зависима
Возможность учета потребленной теплоты	Да, поквартирное	Нет, только ИТП
Возможность регулирования температуры	Да	Нет
Распределение тепла	Равномерное	Неравномерное
Прокладка магистралей	В полу	По стене
Количество арматуры	Большое	Меньшее
Капитальные вложения	Большие	Средние

Вертикальная система отличается простотой и относительно низкими капитальными вложениями, но невозможность учитывать тепло у каждого потребителя ведет к чрезмерному расходу тепловой энергии. При горизонтальной разводке возможно установить поквартирные теплосчетчики, которые и стимулируют собственников жилья экономить на тепле, убавляя температуру вручную с помощью термостатического вентиля или автоматически, подключив систему «Умный дом».

Возможность установки поквартирных автоматизированных теплосчетчиков является важным шагом на пути к цифровизации отрасли теплоэнергетики, что обеспечивает эффективное использование и управление ресурсом, а также прозрачный потребительский контроль.

Таким образом, от выбранной системы зависит степень комфортности и экономии тепловой энергии, что в масштабах всего государства может положительно сказаться на жилищно-коммунальной сфере [5].

Источники

1. Штым А.С., Королева Е.А. Особенности проектирования систем отопления с поквартирной разводкой // Вологдинские чтения. 2008. № 70. С. 99–101.

2. Виды систем отопления, классификация, плюсы, минусы [Электронный ресурс]. URL: https://akak7.ru/vidy-sistem-otopleniya-klassifikaciya-plyusy-minusy.html (дата обращения: 21.10.2022).

3. Зиганшин А.М., Зиганшин М.Г. З-59 Smart BIM в отоплении и вентиляции. Информационное моделирование в системах отопления и вентиляции: учеб.-метод. пособие. Казань: Изд-во КГАСУ, 2018. 255 с.

4. Варганова А.М., Закирова И.А. Цифровизация в теплоэнергетике Российской Федерации // Энергетика в условиях цифровой трансформации. Наука. Технологии. Инновации: сб. матер. Междунар. науч.-практ. конф. Волжский, 2022. С. 102–108.

5. Матрунчик А.С. Поквартирная горизонтальная система отопления: достоинства и недостатки // Синергия Наук. 2017. № S14. С. 94–98.

УДК 65.011.56

БЕСПРОВОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦИИ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Галиева Алина Рушановна[1], Баторшин Тимур Русланович[2],
Сафаров Ильдар Мирсаяфович[3]
[1,2,3] ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]agaliewwwa@gmail.com, [2]timur.batorshin.02@mail.ru, [3] ildarsafarov@mail.ru

Беспроводные технологии – одно из самых перспективных направлений в развитии автоматизированных систем управления зданиями (АСУЗ). В наше время – это не просто новомодное направление, а уже хорошо зарекомендованная технология известная по всему миру, благодаря которой может повыситься функционирования АСУЗ.

Ключевые слова: Беспроводные технологии, автоматизированные системы, усовершенствование систем ЖКХ, инновационные технологии.

WIRELESS TECHNOLOGIES IN RESIDENTIAL AUTOMATION SYSTEMS

Galieva Alina Rushanovna[1], Batorshin Timur Ruslanovich[2],
Safarov Ildar Mirsayafovich[3]
[1,2,3]Kazan state power engineering University, Kazan
[1]agaliewwwa@gmail.com, [2]timur.batorshin.02@mail.ru, [3] ildarsafarov@mail.ru

Wireless technologies are one of the most promising directions in the development of automated building management systems (ACS). Nowadays, it is not just a new – fangled direction, but already a well-proven technology known all over the world, thanks to which the functioning of the automated control system can increase.

Keywords: Wireless technologies, automated systems, improvement of housing and communal services systems, innovative technologies.

Введение беспроводных технологий в автоматизированные системы управления зданий располагает множеством достоинств если сравнивать их с проводными системами. Монтаж беспроводной системы зачастую очень дешевый, а ее строение в большинстве случаев имеет лучшую совместимость. Улучшение и увеличение АСУЗ повышают надежность системы. Реализация беспроводных систем тратит гораздо меньше времени, из-за того, что беспроводные сканирующие приборы делают значительно проще процесс поиска проблем. К тому же, для производства беспроводных технологий не нужно столько сырья как для проводных, в том числе и медь, и они более легки для установки [2].

На рынке есть три самых популярных беспроводных технологии: Wi-Fi, ZigBee и EnOcean. Сооружения, предназначенные для бизнеса при использовании нескольких различных беспроводных технологий, могут экономить на различных сетевых уровнях АСУЗ. Такой способ использования беспроводных технологий обеспечивает высокую производительность сети, а также снижение стоимости и увеличение гибкости, предлагаемые любой из этих технологий [1].

Протокол беспроводной связи EnOcean реализует самые инновационные решения с снижением энергопотребляемости. Данная технология осуществляет свою работу путем потребления энергии из окружающей среды – из движения, света или теплообмена. Такой способ работы позволяет реализовать питание электрооборудования, которое действует вне зависимости от внешнего источника энергии [3].

Согласно заявлениям выпускающей компании, оборудование EnOcean отличает от других его низкое потребление энергии и оснащённость оборудования специальными модулями, абсорбирующими энергию из окружающий среды. Это делает возможным пользоваться беспроводными технологиями без аккумуляторов. Такое оборудование чаще всего применяется при автоматизации зданий, монтаже системы «Умного дома» и вещей связанных друг с другом через интернет (IoT). Датчики EnOcean (радиодатчики) можно часто встретить в системах «умного дома». Данную технологию можно назвать «зеленой», так как она позволяет экономить материалы и энергоресурсы, кроме того не вредит окружающему миру [4].

Связь по технологии EnOcean может стабильно работать на расстоянии до 300 метров на открытом пространстве, в закрытом же это число составляет около 30 метров. Рабочая частота EnOcean – нелицензируемая 868 МГц, опциональная: 902 МГц. Исполнительные устройства рассчитаны «привязать» к себе в качестве управляющих устройств до 32 источников (датчиков, кнопок и т. п.) [4].

Подзарядку устройств EnOcean из окружающей среды называют Energy Harvesting, в результате чего осуществляется передача данных по протоколу с высокой производительностью сети [3].

Energy Harvesting- это процесс, который характеризуется извлечением энергии из окружающей среды и ее преобразованием в электрическую для питания небольших беспроводных автономных устройств [5].

Данные технологии автоматизированной беспроводной системы во многом станут вспомогательным элементом для сферы ЖКХ, облегчая работу в данной области, а также позволят максимально эффективно осуществлять контроль и управление комплексом объектов.

Источники

1. Рестович А., Стоян И., Чубич И. Bluetooth технология беспроводной связи и ее применение. Загреб, Хорватия: Эрикссон Никола Тесла, 2005. 86 с.

2. Федоров В.В. Модули Bluetooth в промышленных приложениях и системах сбора информации // Беспроводные технологии. 2007. № 3 (8). С. 34–36.

3. Опыт построения сети беспроводных датчиков для мониторинга систем ОВК зданий [Электронный ресурс] // АВОК. 2006. № 1. URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3142 (дата обращения: 20.10.2022).

4. Кривченко Т.И. Особенности новой спецификации ZigBee Pro Feature Set // Электронные компоненты. 2008. № 2. С. 99–101.

5. Каулио В.В. Управление встраиваемым WiFi-модулем WIZ610wi компании WIZnet // Беспроводные технологии. 2010. № 2. С. 22–26.

УДК 661.96:621.6

СПОСОБЫ АККУМУЛИРОВАНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВКИ ВОДОРОДА

Година Полина Владимировна[1], Закиров Ринат Нургалиевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]pellagea08072003@gmail.com , [2]zakirov.kgeu@mail.ru

В статье рассмотрены некоторые способы получения водорода, изложены методы его хранения и транспортировки в различной форме.

Ключевые слова: водород, водородная энергетика, ожижение водорода, газообразный водород, транспортировка водорода.

METHODS OF ACCUMULATION AND TRANSPORTATION OF HYDROGEN

Godina Polina Vladimirovna[1], Zakirov Rinat Nurgalievich[2]
[1,2,3]Kazan state power engineering University, Kazan
[1]pellagea08072003@gmail.com , [2]zakirov.kgeu@mail.ru

The article discusses some methods of obtaining hydrogen, describes the methods of its storage and transportation in various forms.

Keywords: hydrogen, hydrogen energy, hydrogen liquefaction, gaseous hydrogen, hydrogen transportation.

Согласно концепции развития водородной энергетики от 5 августа 2021 г., утвержденной распоряжением Правительства РФ № 2162-р, одним из ключевых факторов, способствующим глобальному внедрению водородной энергетики (ВЭ) в стране, станет развитие технологий применения водородных энергоносителей в различных секторах экономики. Среди направлений работы инжиниринговых центров приоритетным может стать импортозамещение технологий ВЭ в традиционных отраслях отечественной промышленности, в том числе нефтехимической, химической и электроэнергетической [1].

Водород не является первичным источником энергии, а служит энергоносителем [2]. Его запасы практически безграничны, поскольку можно получить различными лабораторными и промышленными методами. Наличие стольких вариаций в добыче водорода является одним из главных преимуществ ВЭ. К технологиям получения водорода относятся: паровая конверсия метана и природного газа, газификация угля,

электролиз воды, пиролиз, частичное окисление [3]. Электролиз воды малоэффективен, требует значительного количества энергии, поэтому не рассматривается как основной метод получения водорода. Используют его в основном лишь при необходимости добычи чистого водорода. На современном этапе развития ВЭ распространенным способом производства водорода является паровая конверсия метана. Данный метод экономически выгоден при крупномасштабном получении, однако добыча путем паровой конверсии не экологична. Газификация угля из-за доступности сырья может успешно конкурировать с используемыми в ВЭ технологиями, но на ряду с этим данный метод сопровождается ощутимыми выбросами углекислого газа.

В настоящее время технологии ожижения водорода хорошо отработаны. Жидкий водород может храниться в довольно узком интервале температур: от точки кипения 20 К до точки замерзания 17 К. При повышении температуры выше точки кипения жидкий водород мгновенно переходит в газообразный.

Среди преимуществ хранения водорода в сжиженном виде можно отметить высокую объемную плотность и большое содержание, а к недостаткам отнести высокие затраты на процесс перехода из газообразного в жидкое состояние, а также значительные потери на испарении и дорогостоящее обслуживание применяемых систем [4].

Для создания эффективных систем хранения сжиженного водорода используют металлогидридный способ, который характеризуется компактностью, безопасностью и невысокими энергозатратами. Для технического использования гидридов особый интерес представляют температуры, при которых давление диссоциации водорода в гидриде достигает значения выше 0,1 МПа. Гидриды, у которых давление диссоциации выше 0,1 МПа достигается при температуре ниже точки замерзания воды, называются низкотемпературными. Если же это давление достигается при температуре выше точки кипения воды, то такие гидриды-высокотемпературные [5].

Аккумулировать водород можно в газообразной форме. Для этого применяют газгольдеры, естественные резервуары, созданные подземными атомными взрывами. Доказана принципиальная возможность хранения газообразного водорода в соляных кавернах, создаваемых путем растворения соли водой через боровые скважины. Для хранения газообразного водорода при давлении до 100 МПа используют сварные сосуды с двух- или многослойными стенками. Широкое распространение получило хранение газообразного водорода в газгольдерах с водяным бассейном, поршневых газгольдерах постоянного давления, газгольдерах постоянного

объема. Для хранения малых количеств водорода используют баллоны. Одним из наиболее перспективных способов хранения больших количеств водорода является хранение его в водоносных горизонтах.

Транспортировка водорода в основном осуществляется по трубопроводам, которые эксплуатируются под давлением 0,5–3 МПа, а также наземными путями с использованием стальных цилиндрических контейнеров с давлением от 3,5 до 35 Мпа. Их можно доставлять при помощи автомобильного или железнодорожного сообщения. Недостатком такой транспортировки является высокая стоимость, поскольку газообразный водород имеет меньшую плотность и необходимо увеличивать объем контейнеров. К ряду преимуществ можно отнести то, что автоцистерна может быть автономным хранилищем водорода на автозаправочных станциях и доставлять продукт до самых отдаленных точек потребления.

Таким образом, создание компактных, надежных и недорогих систем добычи, хранения и транспортировки водорода является одной из ключевых проблем ВЭ.

Источники

1. Концепция развития водородной энергетики в Российской Федерации [Электронный ресурс]: утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 5 августа 2021 г. № 2162-р. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 27.10.2022).

2. Перспективы водородных технологий в энергетике и в химической промышленности [Электронный ресурс] / Р.С. Яруллин [и др.]. // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 2. URL: https://doi.org/10.30724/1998-9903-2021-23-2-70-83 (дата обращения: 07.11.22).

3. Водородная энергетика. Точки роста [Электронный ресурс]. 2021. № 8. URL: https://eco.atomgoroda.ru/content/media_files/1639985559-25786.pdf (дата обращения: 05.11.2022).

4. Радченко Р.В., Мокрушин А.С., Тюльпа В.В. Водород в энергетике: учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. С. 148–154.

5. Методы хранения водорода и возможности использования металлогидридов [Электронный ресурс] / Тарасов Б.П. Тарасов [и др.]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/metody-hraneniya-vodoroda-i-vozmozhnosti-ispolzovaniya-metallogidridov (дата обращения: 07.11.2022).

УДК 643/645

ПОВЫШЕНИЕ ПОСЕЩАЕМОСТИ САЙТОВ УПРАВЛЯЮЩЕЙ КОМПАНИИ СОБСТВЕННИКАМИ ЖИЛЬЯ

Гущина Нелли Владимировна[1], Саитов Станислав Радикович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]sorryfornelly@yandex.ru, [2]caapel@mail.ru

На данный момент большинство управляющих компаний создают сайты для трансляции актуальной информации, не обращаясь к методам оптимизации пользовательского опыта (UI/UX), что ведет за собой падение их посещаемости. В рамках статьи рассматриваются наиболее частые ошибки создания и модерации таких сайтов, влияющие на удобство использования.

Ключевые слова: посещаемость, сайт, интерфейс, UI, UX, управляющие компании, разработка веб-сайтов, клиентская оптимизация.

INCREASING THE ATTENDANCE OF HOMEOWNERS AT THE SITES OF THE MANAGEMENT COMPANY

Gushchina Nelly Vladimirovna[1], Saitov Stanislav Radikovich[2]
[1,2]Kazan state power engineering University, Kazan
[1]sorryfornelly@yandex.ru, [2]caapel@mail.ru

At the moment, most management companies create sites to broadcast relevant information without addressing user experience optimization (UI/UX) techniques, which leads to a drop in their attendance. This article discusses the most common mistakes in the creation and moderation of such sites, affecting usability.

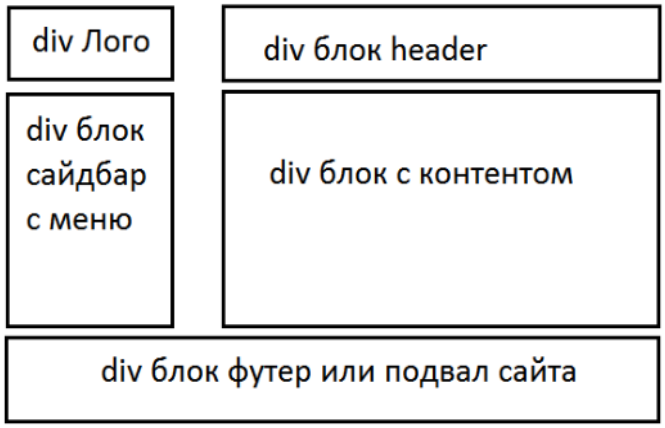
Keywords: attendance, website, interface, UI, UX, management companies, web site development, customer optimization.

При формировании пользовательского интерфейса необходимо поддерживать компромисс между многофункциональностью и простотой, что является ключевым в создании полезных и удобных сайтов.

Посещаемость информационных ресурсов зависит от таких факторов, как назначение сайта, уровень заинтересованности и опыта пользователя, его цели и умственные способности. Фокусирование на нижеперечисленных нюансах позволяет создать оптимальный интерфейс с учетом особенности целевой аудитории.

Закон Хика (большое количество вариантов выбора усложняет процесс принятия решения) и принцип Якоба (аудитория предпочитает привычный интерфейс, похожий на ранее встречающийся) заключают

в себе идею упрощения пользовательского опыта для удобного использования. Перенагружая экран, необходимо осознавать, что он будет непонятен собственникам жилья. Для оптимизации сайта можно обратиться к принципу Парето (основные функции информационного ресурса на мобильном устройстве составляют примерно 20 % от размера экрана – см. рисунок).



Пример разметки блоков сайта УК

Визуальная составляющая (UI) играет не менее важную роль в повышении посещаемости ресурса. Отражение бренда, актуальность новостей и контактных данных, качество и количество стоковых фотографий – все это влияет на продолжительность сеанса на сайте. В виду специфики целевой аудитории, формирование версии для слабовидящих является необходимой со стороны клиентов. Соблюдение лаконичности цветовой схемы, читабельный размер и формат шрифта, выделение основных элементов сделают интерфейс приятным и удобным.

Техническое обслуживание также нуждается в постоянном внимании. Для ускорения загрузки информации рекомендуется добавлять пагинацию (поэтапная загрузка элементов), а понятный URL-адрес способствует посетителям определить, как сайт организован и какой контент ожидается на странице. Не стоит забывать про адаптивность ресурса на разных устройствах. Уже в 2018 г. статистика показывала увеличение перехода на мобильные устройства на 4 %, с тех пор процентное соотношение продолжает расти. Создание адаптивных сайтов ведет за собой ориентирование более чем на половину аудитории.

Век цифровых технологий требует от управляющих компаний ЖКХ поддержания гибкости в рамках коммуникации с клиентами посредством виртуального взаимодействия. Даже после создания сайта с учетом UI/UX

правил, необходимо поддерживать его функционирование и регулярно актуализировать контент. Только таким образом можно поддерживать и повышать посещаемость продукта на клиентском уровне.

Источники

1. Сергеева Ю. Интернет 2017–2018 в мире и в России: статистика и тренды [Электронный ресурс]. URL: https://www.web-canape.ru/business/internet-2017-2018-v-mire-i-v-rossii-statistika-i-trendy/ (дата обращения: 09.11.2022).

2. Якобчук А. Быстрый, резкий, как пуля дерзкий. Как работать над перфомансом сайта, чтобы нравиться пользователям и Гуглу [Электронный ресурс]. URL: https://habr.com/ru/post/647079/ (дата обращения: 09.11.2022).

3. How to Use Wix Tutorial [Электронный ресурс]. URL: https:// createaprowebsite.com /how-to-use-wix-tutorial (дата обращения: 09.11.2022).

5. Шестакова С. Законы дизайна интерфейсов [Электронный ресурс]. URL: https://awdee.ru/laws-of-ux/ (дата обращения: 09.11.2022).

6. Chichirova N.D., Chichirov A.A., Saitov S.R. Atomic force microscopy and IR spectrometry application in detecting the type and nature of contaminants on reverse osmosis membrane elements [Электронный ресурс] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 288. URL: https:// iopscience.iop.org/issue/1755-1315/288/1 (дата обращения: 09.11.2022).

7. Saitov S.R., Chichirova N.D. Investigation of the composition and causes of membrane fouling of reverse osmosis // E3S Web of Conference. 2020. Vol. 216. URL: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021601072 (дата обращения: 09.11.2022).

8. Саитов С.Р., Чичирова Н.Д., Чичиров А.А. Баромембранные технологии в схеме водоподготовки Уфимской ТЭЦ-1 // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2017. № 2 (34). С. 58–67.

УДК 621.182.2

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ В КОТЕЛЬНОМ ОБОРУДОВАНИИ

Долгова Анастасия Николаевна [1], Чурилов Константин Евгеньевич [2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
[1] dolgova.an@list.ru, [2]mmmwww6996@mail.ru

В статье рассматриваются внедрение моделированных горелок в водогрейные котлы, установка датчика для измерения расхода воды в системе, а также способ подключения сетевых насосов через устройства плавного пуска.

Ключевые слова: котельное оборудование, автоматизированная система управления, программно-логический контролер.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF BOILER EQUIPMENT

Dolgova anastasiia Nikolaevna[1], Churilov Konstantin Evgenievich[2]
[1,2]Kazan state power engineering University, Kazan
[1] dolgova.an@list.ru, [2]mmmwww6996@mail.ru

The article the introduction of modulated burners into hot water boilers, the installation of a sensor for measuring water flow in the system, as well as a method for connecting network pumps through soft-start devices are considered.

Keywords: boiler equipment, automated control system, software and logic controller.

Котельная, предназначенная для выработки тепловой энергии, работа которой в основном осуществляется за счет программно-логического контролера (ПЛК) и подключенными к нему всех измерительных и исполнительных устройств называется автоматизированной котельной. Причем участие человека в работе котельной становится минимальной и направлена на мониторинг работы автоматизированной системы управления (АСУ) [1].

Внедрение автоматизированных систем управления в котельное оборудование позволяет выделить следующие способы по повышению эффективности данного оборудования:

1. Внедрение моделированных горелок в водогрейные котлы. Моделированные горелки – это горелки, мощность которых плавно изменяется в автоматическом режиме [2]. Изменение мощности горелки осуществляется за счет ПЛК, к которому помимо данной горелки подключен датчик температуры наружного воздуха. Изменение температуры наружного воздуха подает сигнал на ПЛК, который меняет мощность согласно графика зависимости для температурного режима «95–70 °С» (см. рисунок).

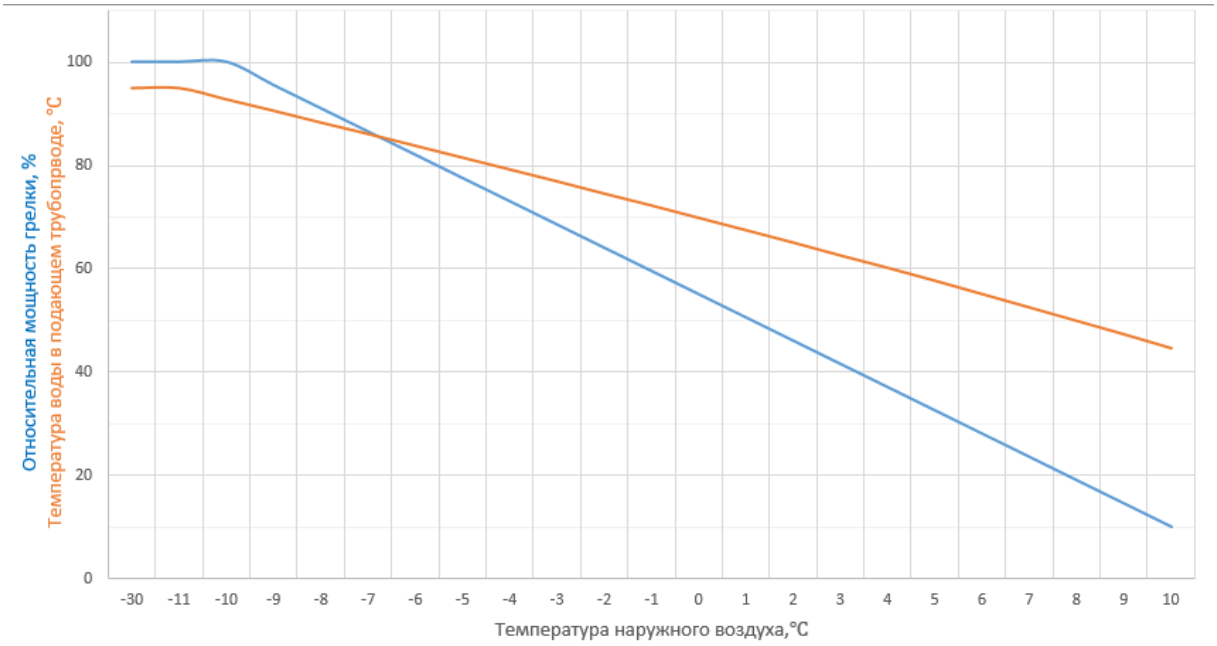


График зависимости относительной мощности горелки (P) и температуры в подающем трубопроводе (t_n) от температуры наружного воздуха ($t_н$)

В результате достигается следующее: механизм плавного регулирования мощности позволяет свести цикличность включения-выключения котлов к минимуму, что значительно снижает механические напряжения на стенках и в узлах котла, а значит, продлевает его срок службы; экономия топлива может достигать 5–15 %, а при грамотной настройке и выше; установка не требует замены дорогостоящих котлов, если они исправно функционируют, при этом повышая КПД котла.

2. Для достижения необходимой температуры в подающем трубопроводе необходимо поддерживать требуемый уровень воды в системе. Для этого на обратном трубопроводе устанавливается датчик расхода (расходомер) воды. Сигнал расходомера подается на ПЛК, который в свою очередь сравнивает показания с датчика с требуемым расходом воды (уставкой) [3]. Уставка расхода воды вносится при программировании контролера. В случае, если показания датчика меньше, чем требуемый расход воды, то ПЛК подает команду на включение подпиточного насоса и система заполняется водой. В момент, когда показание датчика равняется уставке, ПЛК подает команду на выключение подпиточного насоса.

Результатом осуществления данного способа является правильное радиационное и конвективное теплопередачи в водогрейном котле, что позволяет поддерживать требуемую температуру в подающем трубопроводе, а также отсутствие накапливания накипи внутри труб [3, 4].

3. При прямом пуске в момент подключения двигателя к сети в цепи статора возникает большой пусковой ток, в 5–7 раз превышающий номинальный ток двигателя. Это приводит: к значительным просадкам напряжения на питающих шинах и термическим перегрузкам обмотки, следствием чего может быть межвитковое короткое замыкание [5].

Полностью устранить вышеперечисленные проблемы можно, если осуществлять плавный пуск асинхронного двигателя. Это осуществляется путем подключения через устройство «плавного» пуска, принцип которого основан на полупроводниках. Данный вариант подключения дает следующие результаты: снижаются гидравлические удары в трубах во время пусков и остановок; минимизируется механическое напряжение на валу двигателя; снижается пусковой ток; защита от низкого тока предотвращает повреждение из-за блокированной трубы или низкого уровня воды; функция автоматического перезапуска обеспечивает непрерывную работу автономной насосной станции; защита от опрокидывания фазы предотвращает повреждение из-за обратного вращения насоса; защита от мгновенной перегрузки предотвращает повреждение из-за мусора, попадающего в насос.

Источники

1. Близников П.В. Системы управления автоматизированными котельными [Электронный ресурс]. URL: https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=3578 (дата обращения: 03.10.2022).

2. Одноступенчатые, двухступенчатые и модулируемые горелки для отопительных котлов [Электронный ресурс]. URL: https://www.altermo.ru/stati/kakuju-gorelku-vybrat/ (дата обращения: 02.10.2022).

3. Приборы и автоматика котельных [Электронный ресурс]. URL: https://kipia-portal.ru/2016/02/21/pribory-i-avtomatika-kotelnyx/ (дата обращения: 03.10.2022)

4. Таймаров М.А., Долгова А.Н., Садртдинов А.Р. Энергосберегающая установка для получения пиролизного газа и древесного угля // Вестник КГЭУ. 2018. Т. 10, № 3. С. 56–64.

5. Способы пуска электродвигателей насосов [Электронный ресурс]. URL: https://e-centreplant.ru/info/articles/start_pump/ (дата обращения: 03.10.2022).

УДК 621.311

СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСОМ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ

Леонов Сергей Владимирович[1], Жгута Вадим Андреевич[2],
Сладков Максим ...[3]
[1,2,3]НИИ ТПУ, г. Томск
[1]leonov@tpu.ru, [2]vaz24@tpu.ru

В статье представлена схема устройства по декарбонизации воздуха, дифференцированная математическая модель процесса декарбонизации, созданная при помощи языка программирования python, а также изложены методы повышения качества процесса декарбонизации в зависимости от параметров системы, а также изложены возможные сферы применения данной технологии. Исследование проводится с использованием технологии плазменного пиролиза, в частности с применением коронного ионизирующего разряда.

Ключевые слова: декарбонизация, модель, пиролиз, плазма, стенд, углекислый газ, экология, космос, авария.

INTELLIGENT CONTROL SYSTEMS OF THE COMPLEX OF ELECTROSTATIC FILTERS

Leonov Sergey Vladimirovich[1], Zhguta Vadim Andreevich[2],
Sladkov Maxim ...[3]
[1,2,3]NII TPU, Tomsk
[1]leonov@tpu.ru, [2]vaz24@tpu.ru

The article presents a diagram of an air decarbonization device, a differentiated mathematical model of the decarbonization process created using the python programming language, and also outlines methods for improving the quality of the decarbonization process depending on the system parameters, and also outlines the possible areas of application of this technology. The study is carried out using the technology of plasma pyrolysis, in particular, using a corona ionizing discharge.

Keywords: decarbonization, model, pyrolysis, plasma, stand, carbon dioxide, ecology, space, accident.

Рассматриваемая далее система основана на методе разложения углекислого газа при помощи плазменного пиролиза и предназначена для решения задач по декарбонизации воздуха. В частности, наиболее

предпочтительными сферами применения данной разработки являются: ликвидация последствий аварий на крупных промышленных предприятиях, повлекших за собой выбросы больших объёмов углекислого газа, восстановление кислорода в условиях частичной и/или полной изоляции помещения, без возможности подачи воздуха извне (например, на космических кораблях/станциях[1] или в глубоких бункерах), развитие экологически чистых технологий[2].

Для изучения процесса восстановления кислорода был разработан прибор-ионизатор, конструкцию которого можно наблюдать ниже:

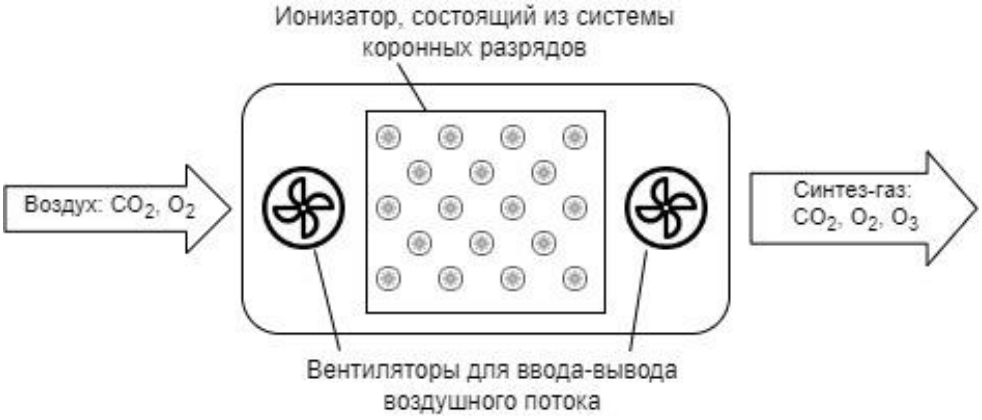


Рис. 1. Схематическое изображение устройства

Далее для рассмотрения эффективности процесса ионизации была составлена формула для расчёта изменения концентрации углекислого газа с течением времени и на её основании с помощью языка python была создана математическая модель процесса. При моделировании были выделены следующие параметры системы: объём обрабатываемого воздуха (л), скорость обработки (л/мин), время (мин), концентрация углекислого газа (%), эффективность ионизатора (% конвертированного газа).

В результате была выведена следующая формула изменения концентрации газа за единицу времени (мин):

$$\frac{C \times (V - S) + C \times S \times (1 - M)}{V}$$

где C – концентрация углекислого газа; V – обрабатываемый объём; S – скорость обработки; M – Эффективность ионизатора.

Был смоделирован процесс при параметрах: C = 3,5%; V = 120 л; S = 8,5 л/мин; M = 14%.

Моделирование процесса дало следующий результат:

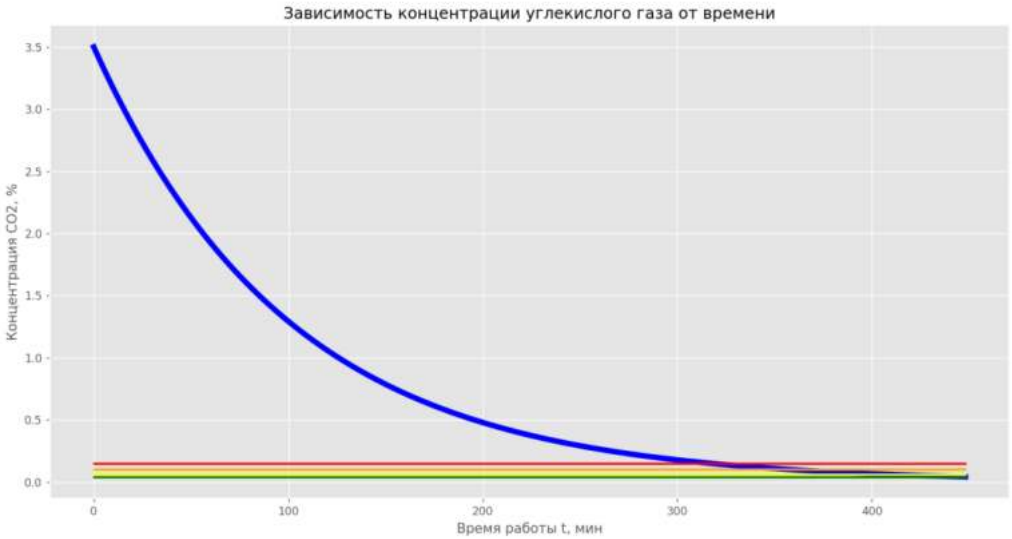


Рис. 2. Результат моделирования при заданных параметрах

Горизонтальными цветными линиями на графике обозначены уровни концентрации углекислого газа, соответственно: опасный для здоровья (0,15 %), допустимый уровень для нахождения в помещении не более 8 часов (0,1 %), приемлемый уровень (0,06 %), чистый воздух (0,04 %) [3].

Работа модели на ограниченном промежутке времени (20 мин) подтвердила её соответствие реальным результатам, однако для полноты картины требуется провести повторное исследование на более длительном отрезке времени.

Исходя из указанного выше графика видно, что процесс очистки воздуха объёмом всего 120 л с содержанием углекислого газа 3,5 % занимает более 7 часов. Процесс крайне долгий, однако если посмотреть на параметры системы в формуле, то можно увидеть, что скорость изменения концентрации напрямую зависит от скорости обработки воздуха и от эффективности самого ионизатора.

Есть несколько методов повышения эффективности коронного разряда. Во-первых – это добавление в изначальную газовую смесь некоторого количества инертных газов или малоактивных газов, например азота [4]. Также проводились опыты с попытками добавления в изначальную смесь аргона и последующим изменением напряжения плазменного разряда [5]. В результате подобных манипуляций удавалось повысить эффективность ионизатора вплоть до 40 %, что в нашей модели дало бы всего 2,5 часа работы, то есть повысило бы скорость почти в 3 раза.

Следующим этапом работы для нас является создание механизма регулирования напряжения коронного разряда и последующее выведение зависимости эффективности работы ионизатора от напряжения.

С помощью нейросетевой подстройки коэффициентов ПИД-регулятора как раз и возможно адаптивное корректирование напряжения в зависимости от входных параметров системы. Нейросетевая подстройка позволяет как улучшить процесс регулирования, так и ускорить [6]. Следовательно, если применить такой вид регулирования напряжения, это в свою очередь позволит повысить эффективность работы ионизатора.

Источники

1. Characterization of carbon particulates in the exit flow of a Plasma Pyrolysis Assembly (PPA) reactor [Электронный ресурс] / Robert D. Green [et al.]. URL: https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20160001355/downloads/20160001355.pdf (дата обращения: 27.10.2022).

2. One-step plasma-enabled catalytic carbon dioxide hydrogenation to higher hydrocarbons: significance of catalyst-bed configuration / Jiajie Wang [et al.] // Green Chemistry. 2021. Vol. 23, Iss. 4. Pp. 1642–1647.

3. ГОСТ Р ЕН 13779-2007. Вентиляция в нежилых зданиях. Технические требования к системам вентиляции и кондиционирования. М.: Стандартинформ, 2008. 45 с.

4. Плазмохимическая конверсия углекислого газа с получением монооксида углерода / М.С. Котелев [и др.] // Башкирский химический журнал. 2010. Т. 17, № 3. С. 175–178.

5. Conversion of carbon dioxide in microwave plasma torch sustained by gyrotron radiation at frequency of 24 GHz at atmospheric pressure [Электронный ресурс] // D. Mansfeld [et al.] // Journal of CO2 Utilization. 2020. Vol. 40. URL: https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-co2-utilization/vol/40/suppl/C (дата обращения: 03.10.2022).

6. О применении нейросетевого настройщика параметров ПИД-регулятора для отработки возмущающих воздействий для объектов с различной динамикой / Ю.И. Ерменко [и др.] // Информационные технологии и вычислительные системы. 2017. Вып. 4. С. 83–94.

УДК 66.047

РАЗРАБОТКА МАЛОШУМНОЙ СУШИЛКИ, ОСНОВАННОЙ НА ПУЛЬСИРУЮЩЕМ ОЖИЖЕННОМ СЛОЕ

Зайнутдинова Динара Айдаровна[1], Аминева Екатерина Дмитриевна[2]
[1,2]КНИТУ-КАИ, г. Казань
[1]zajjnutdinova-dinara@mail.ru, [2]aminevaekat@gmail.com

В статье предложено техническое решение зерносушилки, в которой в качестве огневого блока используется камера пульсирующего горения. Для создания экспериментальной установки предложена принципиальная схема, описан принцип работы и сформулированы задачи исследований.

Ключевые слова: малошумная сушилка, псевдоожиженный слой, шум, поток газа, зерна.

DEVELOPMENT OF A LOW NOISE DRYER BASED ON A PULSE FLUIDED BED

Zaynutdinova Dinara Aydarovna[1], Amineva Ekaterina Dmitrievna[2]
[1,2]KNRTU-KAI, Kazan
[1]zajjnutdinova-dinara@mail.ru, [2]aminevaekat@gmail.com

The article proposes a technical solution for a grain dryer, in which a pulsating combustion chamber is used as a fire block. To create an experimental setup, a schematic diagram is proposed, the principle of operation is described, and research tasks are formulated.

Kew words: low-noise dryer, fluidized bed, noise, gas flow, grains.

Сушка зерен – это процесс, известный с древних времен, который на протяжении десятилетий претерпевал эволюцию и изменения. Обработка зерна сушкой осуществляется несколькими способами. Типы зерносушилок, эксплуатируемые сельхозпредприятиями, имеют большие размеры, воспроизводят много шума и имеют ряд других недостатков. Например, в шахтных – неравномерная сушка зерна, а также очистка шахт сложная, в барабанных – невозможность регулировки скорости передвижения зерна в барабане.[1] Перспективной является зерносушилка, функционирующая на основе псевдоожиженного слоя [2]. Такие зерносушилки обладают неоспоримыми преимуществами, к которым следует

отнести: низкую стоимость технического обслуживания, удобную очистку устройства и высокую скорость сушки. Эффективность работы зерносушилок зависит от характеристик потока, а именно – объемного расхода [3], энергоэффективности [4], и режима его течения (стационарный или пульсирующий, который описан в работе [5]). Пульсирующее течение газового потока намного эффективнее, но создает шум высокой интенсивности. Данную проблему можно решить, если разработать малошумную сушилку. Суть нового технического решения и заключается в решении вышеуказанной проблемы. Схема нового сушильного аппарата приведена на рис. 1.

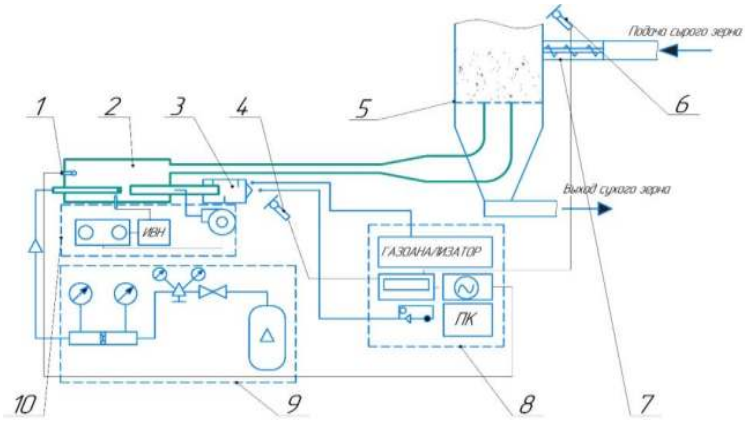


Рис. 1. Принципиальная схема сушильного аппарата:
1 – пьезодатчик для измерения давления в камере сгорания; *2* – камера сгорания; *3* – глушитель шума аэродинамического клапана; *4*, *6* – конденсаторные микрофоны; *5* – насадка; *7* – шнек; *8* – система измерения газодинамических и акустических параметров; *9* – система подачи топлива с возможностью регулировки его расхода; *10* – система запуска камеры

Принцип работы сушильного аппарата состоит в следующем: в камеру сгорания подаются газы – воздух для запуска (при помощи вентилятора) и пропан (с баллона). Свеча зажигания является источником воспламенения горюче-воздушной смеси в момент запуска. После поджига смеси в камере сгорания увеличивается давление газов из-за которого выхлопные газы начинают двигаться в стороны открытых концов. Через некоторое время в камере сгорания возникает разрежение, которое способствует всасыванию воздуха из окружающей среды. Вследствие этого в камере вновь образуется горюче-воздушная смесь. Поджиг смеси осуществляется от остаточных высоконагретых газов. Цикл повторяется. Далее, свеча зажигания и вентилятор отключаются, принудительная подача воздуха прекращается. Процесс горения происходит в автоколебательном режиме.

Насадка, которая монтируется на срез резонаторной трубы сушильного аппарата, имеет конструкцию, схематично представленную на рис. 2.

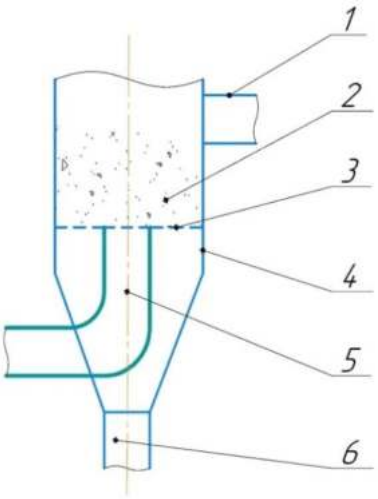


Рис. 2. Схема насадки сушильного аппарата: *1* – входной патрубок; *2* – зерна; *3* – сетка; *4* – корпус насадки; *5* – срез резонаторной трубы; *6* – выходной патрубок

Сырое зерно в насадку подается шнеком, в котором оно продувается высокотемпературными продуктами сгорания. При этом снижается шум газовых потоков из-за эффекта псевдоожижения [6]. После сушки выпаренные от влаги зерна удаляются из насадки другим шнеком, расположенным в нижней части.

Целью создания данной установки является экспериментальное получение зависимости интенсивности сушки от таки параметров, как время, температура, объёмный расход продуктов сгорания. Планируется проведение экспериментов на двух режимах истечения газов из огневого блока.

Источники

1. Виды зерносушилок [Электронный ресурс]. URL: http://agro-s.com/vidy-zernosushilok (дата обращения: 28.10.22).

2. Сушка зерна пшеницы в псевдоожиженном слое / А.В. Волженцев [и др.] // Агротехника и энергообеспечение. 2020. № 4. С. 42–48.

3. Спектральный анализ газодинамических характеристик пульсирующих потоков газа в выпускной системе поршневого двигателя / Л.В. Плотников [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 1. С. 114–125.

4. Ахметова Р.В., Звонарева Ю.Н., Шорохов И.Р. Разработка и исследование энергоэффективных методов сжигания газового топлива в энергетических системах // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 1. С. 13–23.

5. Бокун И.А. Структура пульсирующего слоя // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2014. № 5. С. 84–88.

6. Гура А.В. Моделирование процесса диффузии твердых частиц в псевдоожиженном слое // Материалы ПУЛа научно-практических конференций. Керчь, 2022. С. 38–42.

УДК 628.194

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОСВЕТЛЕНИЯ ВОДЫ

Иксанова Ольга Евгеньевна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
mooddispers@yandex.ru

В статье рассмотрены различные способы решения осветления воды в коммунальном и промышленном водоснабжении. Описаны процессы водоочистки путем применения фильтров, отстаивания и коагуляции. Показаны существующие технологические процессы и современные установки, предназначенные для очистки воды путем коагуляции, которые обеспечивают достижение требований к очищенным водам.

Ключевые слова: водоподготовка, осветление природных вод, коагуляция, отстаивание, фильтрация

MODERN WATER CLARIFICATION METHODS

Iksanova Olga Evgenevna
Kazan state power engineering University, Kazan
mooddispers@yandex.ru

The article discusses various ways to solve water clarification in municipal nd industrial water supply. The processes of water treatment by applying filters, settling and coagulation are described. The existing technological processes and modern installations designed for water purification by coagulation are shown, which ensure the achievement of the requirements for purified water.

Keywords: water treatment, clarification of natural waters, coagulation, settling, filtration.

Применение воды в тепловой схеме теплоэлектростанций и котельных требует обязательной предварительной водоподготовки. Это требование обусловлено наличием в исходной воде различных веществ, образующих отложения на поверхностях нагрева котельных агрегатов.

Назначением системы химводоподготовки тепловых электростанций и котельных является обеспечение требуемых норм качества воды в тепловом цикле. Одним из этапов технологической схемы водоподготовки в коммунальном и промышленном водоснабжении является осветление [1].

Осветление воды – процесс первичной технологической подготовки воды для дальнейшего её применения. В данном процессе происходит удаление из поступившей воды взвешенных и коллоидных частиц.

Основные методы осуществления осветления воды на ТЭЦ происходят путем применения следующих технологических процессов:

1. Отстаивание воды в отстойниках. На этапе отстаивания взвешенные и коллоидные частицы оседают на дно отстойника под действием силы тяжести. Скорость осаждения частиц зависит от их размера и формы, степени загрязнения и температуры воды, скорости ее движения в отстойнике. Осветление воды осаждением осуществляется в отстойниках горизонтального, вертикального или радикального типа. Метод позволяет удалить из воды относительно крупные включения (0,01–0,1 мм.)

2. Фильтрация. В процессе фильтрации очищаемая вода проходит через зернистую загрузку фильтра и освобождается от содержащихся в ней взвешенных частиц. В основе метода осветления воды фильтрованием – адгезия. Адгезия обуславливает сцепление загрязняющих веществ с зернами загрузки фильтра. Под напором воды частицы задерживаются в каналах фильтрующей загрузки.

В каждом элементарном слое загрузки осветление воды происходит до тех пор, пока силы отрыва частиц не начинают превалировать над силами адгезии и аутогезии (взаимодействия между частицами в прилипшем слое). Оторвавшиеся частицы осадка переносятся в последующие слои и там задерживаются.

Для очистки воды в коммунальном и промышленном водоснабжении наиболее широко применяются зернистые фильтры. В зависимости от крупности зерен фильтрующего слоя зернистые фильтры разделяют на мелкозернистые (например, медленные фильтры с размером зерен верхнего слоя песка 0,3–0,5 мм), среднезернистые (например, скорые фильтры с размером зерен верхнего слоя песка 0,5–0,8 мм) и крупнозернистые (в частности, предварительные фильтры с размером зерен верхнего слоя песка 1–2,5 мм).

3. Коагуляция и флокуляция. Для улучшения качества и удаления мелкодисперсных и коллоидных веществ используются методы коагуляции, флотации, седиментации. Для этого в загрязнённую воду добавляют химические реагенты – коагулянты и флокулянты. Взаимодействуя с мельчайшими коллоидными частицами, находящимися в воде, коагулянты образуют агрегаты слипшихся частиц [2].

В качестве коагулянтов применяют сернокислое закисное железо $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, сернокислый алюминий $Al_2(SO_4)_3$, хлорное железо $FeCl_3$, которые вводятся в воду в виде растворов концентрацией 5–10 %. Недостаток – вторичное загрязнение воды железом и алюминием в ионном виде. Решением указанной проблемы лежит в применении реагента, полученного из природного минерального сырья.

При коагуляции щелочность воды понижается, а концентрация в ней свободной углекислоты возрастает. Результатом коагуляции воды являются увеличение ее прозрачности и снижение окисляемости.

Кроме неорганических соединений для коагуляции используют органические высокомолекулярные соединения, которые содержат в своем составе иогенные группы, которые называются флокулянты или полиэлектролиты. Флокулянты объединяют эти агрегаты в более крупные образования – хлопья, которые, соединяясь между собой, большими агломератами выпадают в осадок [3].

При растворении в воде происходит ионизация этих групп, при которой сам радикал (молекула) приобретает в одних полиэлектролитах положительный заряд (катионные флокулянты), в других – отрицательный (анионные флокулянты).

Перечисленные методы осветления воды могут быть использованы для промышленного и питьевого осветления воды по отдельности или комбинироваться. В ходе рассмотрения данной темы было выяснено, что настоящее время отечественные производители в полной мере могут обеспечить существующие потребности процесса осветления и водоподготовки [4].

Источники

1. Способы и средства автоматизации процесса осветления воды / А.С. Иващенко [и др.] // Энергоэффективные технологии водоснабжения и водоотведения. 2016. С. 43–46.

2. «Динамическое осветление воды» [Электронный ресурс]. URL: https://dyclar.ru/osvetlenie/ (дата обращения: 08.11.2022).

3. Способ осветления природных вод / С.С. Москвичев [и др.] // Инновационное развитие регионов: потенциал науки и современного образованиия. 2019. С. 293–297.

4. Балаев И.С. Очистка природных и сточных вод: опыт внедрения отечественной технологии динамического осветления // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2019. № 5. С. 42–49.

УДК 662.995

РЕКУПЕРАЦИЯ ОТРАБОТАННОГО ТЕПЛА ПОЛИМЕРНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Камалиева Рузина Фарсиловна[1], Филимонов Андрей Артемович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]rruzzi@yandex.ru [2]vip.jokermigel@mail.ru

Топливный элемент – это устройство, вырабатывающее электроэнергию посредством электрохимической реакции. Основным побочным продуктом экзотермической реакции является отходящее тепло. Рекуперация этого отработанного тепла может быть использована для увеличения общей энергоэффективности. В данной работе рассмотрен способ рекуперации отработанного тепла из низкотемпературного топливного элемента с использованием устройства прямого преобразования энергии.

Ключевые слова: топливный элемент, тепло, электроэнергия, термоэлектрический генератор, рекуперация.

WASTE HEAT RECOVERY OF POLYMER FUEL CELLS

Kamalieva Ruzina Farsilovna[1], Filimonov Andrey Artemovich[2]
[1,2]Kazan state power engineering University, Kazan
[1]rruzzi@yandex.ru, [2]vip.jokermigel@mail.ru

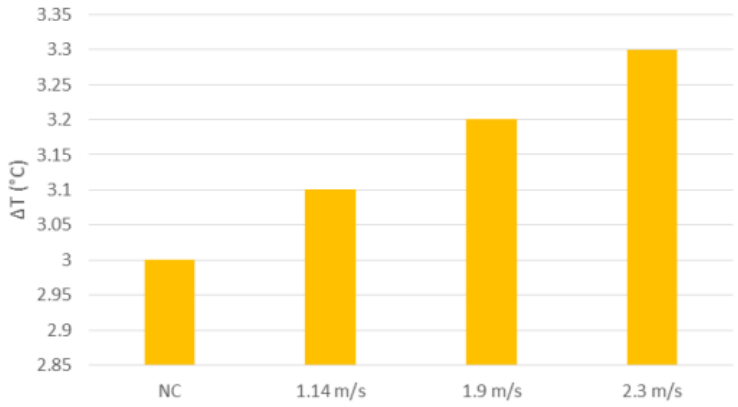
A fuel cell is a device that generates electricity through an electrochemical reaction. The main by-product of the exothermic reaction is waste heat. The recovery of this waste heat can be used to increase overall energy efficiency. In this paper, methods of collecting and characterizing waste heat from a low-temperature fuel cell using a direct energy conversion device are considered.

Keywords: fuel cell, heat, electricity, thermoelectric generator, recovery.

Топливный элемент в качестве топлива использует чистый водород [1] и обеспечивает высокую электрическую производительность от 50 до 60 % и низкие выбросы газов. Однако реакции, происходящие в топливном элементе, являются высокоэкзотермическими, что в свою очередь приводит к выделению тепла. Ранее область применения терморегулирования топливных элементов была ограничена разработкой высокоэффективных методов удаления избыточного тепла, поскольку температура является определяющим параметром производительности топливных элементов [2].

Термоэлектрический генератор – тип теплового двигателя Карно, использующий электроны в качестве рабочего тела. Его работа основывается на форсировании потока свободных электронов путем индуцирования разницы температур между двумя поверхностями термоэлектрического генератора [3].

Использование генерируемого отходящего тепла от топливных элементов с полимерной обменной мембраной, как источника высокой температуры, совместимо с применением термоэлектрического генератора. Тепло подается к горячей поверхности генератора для выработки электрической энергии, а затем рассеивается с помощью устройств теплопередачи, таких как радиаторы или охлаждающие жидкости в трубах, установленных соответственно на холодной стороне генератора. Также использование принудительной конвекции над радиатором для увеличения разницы температур и скорости теплопередачи приводит к повышению выходной мощности [4]. Более высокая разница температур может быть достигнута при больших скоростях охлаждающего воздуха из-за усиленных эффектов конвекции в тепловой трубке, приводящих к более низким температурам на холодной стороне (см. рисунок).



Зависимость разницы температуры от скорости воздуха

При увеличении мощности топливного элемента выходная мощность термоэлектрического генератора также увеличивается из-за повышения температурных градиентов. При низких нагрузках на топливные элементы увеличение мощности термоэлектрического генератора очень мало [5].

Таким образом, использование генерируемого отходящего тепла от топливных элементов с полимерной обменной мембраной для выработки вспомогательной электроэнергии с использованием термоэлектрического генератора повышает общую энергоэффективность системы.

Источники

1. Перспективы развития водородной энергетики в Татарстане / А.А. Филимонова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. № 22 (6). С. 79–91.

2. Thermodynamic analysis of a hydrogen fuel cell waste heat recovery system based on a zeotropic organic Rankine cycle [Электронный ресурс] / Chenfang Wang [et al.] // Energy. 2021. Vol. 232. DOI: https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121038 (дата обращения: 21.10.2022).

3. Validation of a Waste Heat Recovery Model for a 1kW PEM Fuel Cell using Thermoelectric Generator / M. Saufi Sulaiman [et al.] // International research and innovation summit. Melaka (Malaysia), 2017. Vol. 226, Iss. 1. 11 p.

4. Marcos Vinício Oro, Rogério Gomesde Oliveira, Edson Bazzo. An integrated solution for waste heat recovery from fuel cells applied to adsorption systems // Applied Thermal Engineering. 2018. Vol. 136. Pp. 747–754.

5. M. Saufi Sulaiman, B.Singh, W.A.N.W. Mohamed. Experimental and theoretical study of thermoelectric generator waste heat recovery model for an ultra-low temperature PEM fuel cell powered vehicle // Energy. 2019. Vol. 179. Pp. 628–646.

УДК 621.352

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЭС

Камалиева Рузина Фарсиловна[1], Филимонов Андрей Артемович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]rruzzi@yandex.ru [2]vip.jokermigel@mail.ru

Термодинамические преимущества систем на топливных элементах характеризуются в первую очередь повышением энергетической эффективности установки при включении блоков на топливных элементах в состав тепловой электрической станции. Использование высокотемпературного твердооксидного топливного элемента как дополнительного устройства к энергетической установке, работающей по циклу Ренкина, повышает термический КПД данной установки.

Ключевые слова: тепловая электрическая станция, высокотемпературный твердооксидный топливный элемент, энергоэффективность, окисление топлива.

THE USE OF FUEL CELLS TO INCREASE THE EFFICIENCY OF THERMAL POWER PLANTS

Kamalieva Ruzina Farsilovna[1], Filimonov Andrey Artemovich[2]
[1,2]Kazan state power engineering University, Kazan
[1]rruzzi@yandex.ru [2]vip.jokermigel@mail.ru

The thermodynamic advantages of fuel cell systems are characterized primarily by an increase in the energy efficiency of the installation when fuel cell units are included in the thermal power plant. The use of a high-temperature solid oxide fuel cell as an additional device to a power plant operating on the Rankine cycle increases the thermal efficiency of this installation.

Keywords: thermal power plant, high-temperature solid oxide fuel cell, energy efficiency, fuel oxidation.

На сегодняшний день, процесс сжигания органического топлива на тепловых электрических станциях требует повышения эффективности преобразования энергии. Существующие технологии окисления топлива процессом необратимого горения потребляют около 30 % полезной энергии топлива [1]. Улучшения данных технологий могут повысить эффективность производства электрической энергии.

В свою очередь, топливные элементы преобразуют химическую энергию топлива непосредственно в электричество. Топливные элементы вырабатывают выходную мощность, минуя цикл Карно, что является одним из их преимуществ перед другими тепловыми машинами [2].

Различают высокотемпературные и низкотемпературные топливные элементы. Рабочие температуры высокотемпературных топливных элементов варьируются в диапазоне от 800 до 1 000 °C [3], что обеспечивает использование в качестве рабочего тела не только чистый водород [4], но и природный газ и уголь. Это позволяет использовать топливный элемент как дополнительное устройство к тепловым электрическим станциям. При данной конфигурации горячее органическое газообразное топливо совместно с окислителем пропускается через высокотемпературный твердооксидный топливный элемент, который, таким образом, вырабатывает часть электрической мощности всей установки. Отходящие газы из топливных элементов, имеющие относительно высокие температуры, подаются в камеру сгорания, где происходит смешивание и завершение окисления процессом горения. Образованная при этом теплота используется для выработки пара для установки, работающей по циклу Ренкина [5], которая производит оставшуюся часть электрической энергии.

Таким образом, использование высокотемпературных твердооксидных топливных элементов на тепловых электрических станциях, работающих по циклу Ренкина, увеличивает энергетическую эффективность установки, повышая термический КПД примерно на 15–20 %.

Источники

1. Shiyi Chen, Ran Yu, Ahsanullah Soomro, Wenguo Xiang. Thermodynamic assessment and optimization of a pressurized fluidized bed oxy-fuel combustion power plant with CO2 // Energy. Vol. 175. Pp. 445–455.

2. Optimum operation states and parametric selection criteria of a high temperature fuel cell-thermoradiative cell system / Zhuolin Ye [et al.] // Energy Conversion and Management. 2018. Vol. 173. Pp. 470–475.

3. Mandeep Singh, Dario Zappa, Elisabetta Comini. Solid oxide fuel cell: Decade of progress, future perspectives and challenges // International Journal of Hydrogen Energy. 2021. Vol. 46, Iss. 54. Pp. 27643–27674.

4. Перспективы развития водородной энергетики в Татарстане / А.А. Филимонова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. № 22 (6). С. 79–91.

5. Mahmoudi A., Fazli M., Morad M.R. A recent review of waste heat recovery by Organic Rankine Cycle // Applied Thermal Engineering. 2018. Vol. 143. Pp. 660–675.

УДК 621.391

МЕТОД АНАЛИЗА ДАННЫХ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПИКОВЫХ ЧАСОВ

Карачурин Булат Рамилевич[1], Сидоров Михаил Валерьевич[2],
Саитов Станислав Радикович[3]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]karachurin.bulat20@gmail.com, [2]sidr7907@gmail.com, [3]caapel@mail.ru

В данной статье рассматривается метод анализа данных для прогнозирования пиковых часов. В качестве данных рассматриваются отчёты энергосбытовых компаний.

Ключевые слова: случайная дискретная величина, прогнозы, алгоритм, пиковый час.

DATA ANALYSIS METHOD FOR PEAK HOUR FORECASTING

Karachurin Bulat Ramilevich[1], Sidorov Mikhail Valeryevich[2],
Saitov Stanislav Radikovich[3]
[1,2,3]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]karachurin.bulat20@gmail.com, [2]sidr7907@gmail.com, [3]caapel@mail.ru

This article discusses a data analysis method for predicting peak hours. The reports of power supply companies are considered as data.

Key words: discrete random variable, forecast, operating procedure, peak hour.

Сбор данных с сайта АО «АТС» производился с помощью предопределенного макроса VBA, задача которого открыть скачанный файл, скопировать данные таблицы, вставить в новую книгу MS Excel в лист выбранного месяца и закрыть файл отчета. На рис. 1 представлен фрагмент макроса для обработки сентябрьского отчета [1].

Искомые значения целочисленные и находятся в диапазоне от 0 до 23, поэтому их можно рассматривать как случайную дискретную величину.

Случайная дискретная величина, как и любое случайное значение, подвержено нормальному распределению [2]. Однако, чтобы получить достоверную характеристику такого распределения, во-первых, требуется значительный объем накопленных данных, а во-вторых, возникновение каждого часа в диапазоне от 0 до 23 должно быть равновероятностным независимым событием. Что невозможно, учитывая специфику потребления электроэнергии в течение суток.

```
Sub СентябрьV2()
'Открываем файл с которого нужно скопировать данные
Workbooks.Open ("C:\Users\Bulat\Downloads\1 (11).xls")
'Скопировать нужный диапазон в открывшейся книге на листе 1
Range("A8:B28").Copy
'Активируем нужную нам книгу
Workbooks.Open ("C:\Users\Bulat\Desktop\Лист Microsoft Excel.xlsx")
'Выделяем и вставляем скопированные данные в ячейку A6
ActiveWorkbook.Worksheets("Сентябрь").Range("A6").Select
ActiveSheet.Paste
'Закрываем книгу откуда мы скопировали данные
Workbooks("1 (11).xls").Close
```

Рис. 1. Фрагмент макроса для обработки сентябрьского отчета

Учитывая объем накопленных данных с 2011 по 2022 гг., характер распределения пикового часа во временном ряду наилучшим образом описывается законом распределения дискретной случайной величины.

Покажем принцип построения функции распределения пикового часа в ноябрьском интервале на примере гарантирующего поставщика Татарстана – АО «Татэнергосбыт». Для этого объединяем данные, полученные с сайта АТС [3] за 11 лет.

В Excel существует функция МОД, которая выполняет нужную нам задачу. С помощью данной функции мы сможем спрогнозировать часы и сопоставить их с фактическими часами, и тем самым оценить точность (см. таблицу)

Нагрузки по регионам (в %)

	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
Архангельская область	50,0	63,2	66,7	63,6	63,2	38,1
Калининградская область	73,3	15,8	42,9	0,0	52,9	76,2
Новгородская область	40,0	42,1	33,3	27,3	36,8	71,4
Республика Ингушетия	33,3	57,9	50,0	77,3	100	95,2
Республика Дагестан	53,3	68,4	36,4	59,1	89,5	100
Чеченская Республика	6,7	5,3	45,5	54,5	100	85,7
Ставропольский край	46,7	42,1	4,5	9,1	21,1	14,3
Приморский край	46,7	27,8	81,8	27,3	84,2	81,0
Республика Крым	80,0	66,7	77,8	100	100	94,7
	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Архангельская область	68,2	59,1	59,1	23,8	50,0	27,3
Калининградская область	54,5	50,0	27,3	81,0	55,0	27,3
Новгородская область	71,4	59,1	50,0	47,6	50,0	40,9
Республика Ингушетия	95,5	68,2	31,8	28,6	35,0	22,7
Республика Дагестан	95,5	72,7	72,7	90,5	20,0	81,8
Чеченская Республика	86,4	50,0	31,8	19,0	15,0	13,6
Ставропольский край	59,1	68,2	40,9	52,4	40,0	54,5
Приморский край	72,7	59,1	90,9	81,0	90,0	40,9
Республика Крым	83,3	100	90,5	90,0	83,3	81,8

Такой метод позволяет сделать прогноз на год вперед на каждый день месяца. Таким образом мы осуществили прогнозирование пиковых часов для всех регионов РФ на 2021 и 2022 гг.

Подведем итоги:

Точность предложенного метода в среднем по стране составила 39,4 %.

Корреляция между ценовой зоной и качеством прогноза не обнаружена.

Разница в точности прогноза между ценовой (38,7 %) и неценовой (43,1 %) зонами не обнаружена.

Данных о пиковых часах текущих месяцев предыдущих лет недостаточно для проведения качественного прогноза.

Возможно, получится повысить точность предлагаемой модели за счёт включения в неё дополнительных косвенных признаков: значение пикового часа непосредственно перед датой прогнозирования, метеорологических условий, динамики энергопотребления в регионе и т. д.

В этом случае инструментария пакета Excel уже станет недостаточно. Для работы с таким объемом статистических данных, оказывающих сложноизмеримое влияние на прогнозируемое значение, потребуется использование искусственных нейронных сетей [4].

Источники

1. Пример макроса [Электронный ресурс]. URL: https://j4web.ru/likbez/vba-skopirovat-dannyie.html (дата обращения: 02.11.2022).

2. Central limit theorem [Электронный ресурс]. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Normal_distribution. (дата обращения: 02.11.2022).

3. Часы пиковой нагрузки: [Электронный ресурс]. URL: https://www.atsenergo.ru/results/market/calcfacthour. (дата обращения: 02.11.2022).

4. Межгорин Д., Петкилев А. Разработка нейросетевой системы для прогнозирования часа пиковой нагрузки потребления электроэнергии на основе ретроспективных данных // От зеленого кампуса – к зеленому городу: моногр. Пенза: Пензенский государственный университет, 2022. С. 153–160.

5. Chichirova N.D., Chichirov A.A., Saitov S.R. Atomic force microscopy and IR spectrometry application in detecting the type and nature of contaminants on reverse osmosis membrane elements // Earth and Environmental Science. 2019. 288. DOI 10.1088/1755-1315/288/1/012007 (дата обращения: 02.11.2022).

6. Saitov S.R., Chichirova N.D. Investigation of the composition and causes of membrane fouling of reverse osmosis [Электронный ресурс] // Proc. of the Rudenko International Conference “Methodological problems in reliability study of large energy systems”. 2020/ Vol. 216. DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021601072 (дата обращения: 23.10.2022).

7. Enhancing the Ecological and Operational Characteristics of Water Treatment Units at TPPs Based on Baromembrane Technologies / N.D. Chichirova [et al.] // Thermal Engineering. 2017. № 12 (64). Pp. 920–930.

УДК 772.962:699.86

О ПОТЕНЦИАЛЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ЗДАНИЙ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Карпов Денис Федорович[1], Павлов Михаил Васильевич[2],
Гудков Александр Геннадьевич[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «ВоГУ», г. Вологда
[1]karpovdf@vogu35.ru

Предложена краткая характеристика термина «энергосберегающий дом». Рассмотрены принципиальные отличия «пассивного дома» от «умного дома», «активного дома», «зеленого дома» и «экологичного дома». Представлены классификация строительных объектов в зависимости от уровня их энергопотребления, варианты эффективных решений в области тепловой защиты энергосберегающих зданий, а также современные традиционные и инновационные утеплители для них. В заключительной части работы приведены качественно-количественные примеры энергосберегающих, ресурсосберегающих, экологических, экономических и социальных аспектов и потенциала строительства энергоэффективных зданий с применением энергоэффективных технологий.

Ключевые слова: энергосберегающий дом, энергоэффективное здание, пассивный дом, энергоэффективные технологии, теплоизоляция.

ABOUT THE POTENTIAL OF ENERGY-SAVING BUILDINGS AND ENERGY EFFICIENT TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION

Karpov Denis Fedorovich[1], Pavlov Mikhail Vasilevich[2],
Gudkov Alexander Gennadievich[3]
Vologda State University, Vologda
[1]karpovdf@vogu35.ru

A brief description of the term “energy-saving house” is proposed. The fundamental differences between the “passive home” and the “smart home”, “active home”, “green home” and “eco-friendly home” are considered. There are presented classification of construction facilities depending on the level of their energy consumption, options for effective solutions in the field of thermal protection of energy-saving buildings, as well as modern traditional and innovative insulation for them. The key part of the work contains qualitative and quantitative examples of energy-saving, resource-saving, environmental, economic and social aspects and the potential for building energy-efficient buildings using energy-efficient technologies.

Keywords: energy-saving house, energy-efficient building, passive house, energy-efficient technologies, thermal insulation.

Характеристика термина «энергосберегающий дом». В настоящее время энергосберегающие дома не являются идеализированным представлением зданий будущего, а выступают совершенно реальными объектами строительства, приобретающими все большую популярность и спрос.

Энергосебергающим, энергоэффективным, пассивным домом сегодня называют жилище, требующее минимальных затрат энергетических ресурсов на обеспечение комфортных условий проживания в нем людей. Достичь обозначенных требований можно за счет внедрения соответствующих инженерно-инновационных решений в системы отопления, вентиляции, холодоснабжения и кондиционирования, освещения, утепления [1].

Несмотря на то, что термин «пассивное здание» сегодня употребляется довольно часто, многие понимают его неправильно, представляя здание с очень высоким уровнем тепловой защиты, в котором используется альтернативные источники энергии. Между тем концепция «пассивного» здания предполагает системный подход: очень высокие показатели теплозащиты обуславливают применение механической приточно-вытяжной вентиляции, теплообменников и т. д. [2–4].

Понятие «пассивный дом» иногда путают с понятием «умный дом». Принципиальным отличием умного дома от пассивного является наличие системы автоматизации и управления инженерными системами здания.

«Пассивный дом» отличается и от «активного дома», который для собственных нужд производить энергии больше, чем это требуется. Активный дом является источником энергии и теплоты не только для себя, но и для придомовых сооружений и строений.

Часто понятие «пассивный дом» смешивается с понятием «зеленый дом» и «экологичный дом» – здания, построенные из традиционных природных материалов или переработанных отходов – газобетон, дерево, камень, кирпич, хотя каменные дома холодные, а некоторые современные утеплители не являются природными материалами.

Концепция «пассивного» здания была предложена в 1987–1988 гг. шведским ученым профессором Бо Адамсоном (Bo Adamson) и немецким доктором Вольфгангом Файстом (Wolfgang Feist). Термин «пассивное» здание впервые введен Вольфгангом Файстом.

Итак, пассивным домом или энергосберегающим домом называют сооружение, основной особенностью которого является низкое энергопотребление за счет применения пассивных методов энергосбережения. Пассивный дом потребляет в среднем, примерно, 10 % от удельной энергии на единицу площади, потребляемой большинством традиционных зданий.

Пассивный дом является энергоэффективным зданием, в котором экономия энергетических ресурсов осуществляется за счет применения инновационных решений, технически осуществимых, экономически обоснованных, приемлемых с экологической и социальной точек зрения и не изменяющих привычный образ жизни человека [5, 6].

Вариант, при котором пассивный дом представляет собой независимую энергетическую систему, является идеальным, совершенным. В этом случае на обеспечение комфортного температурного режима внутри дома не требуется расход энергии. Бытовые тепловыделения от людей, работающего оборудования и приборов, должны обеспечивать требуемые затраты тепловой энергии, необходимой на отопление такого дома. Также возможно применение альтернативных источников энергии [3].

С архитектурной точки зрения, пассивный дом должен быть компактным, качественно и эффективно утепленным, правильной геометрической формы, должен иметь правильную ориентацию по сторонам света и не должен иметь в своей строительной оболочке температурных мостов.

Классификация зданий в зависимости от уровня их энергопотребления. На сегодняшний день в Европе существует следующая классификация энергоэффективных зданий [3, 4]:

1. «Старое здание» (возведенные до 1970-х гг.) – они требуют для своего отопления около 300 киловатт-часов на квадратный метр в год.

2. «Новое здание» (возведенные с 1970-х до 2000 г.) – не более 150 киловатт-часов на квадратный метр в год.

3. «Дом низкого потребления энергии» – не более 60 киловатт-часов на квадратный метр в год. С 2002 г. в Европе не разрешено строительство домов более низкого стандарта.

4. «Пассивный дом» – не более 15 киловатт-часов на квадратный метр в год.

5. «Дом нулевой энергии» – 0 киловатт-часов на квадратный метр в год. Это такое здание, имеющее с точки зрения архитектуры тот же стандарт, что и пассивный дом, но инженерно оснащенное таким образом, чтобы потреблять исключительно только ту энергию, которую вырабатывает самостоятельно.

6. «Дом плюс энергии» или «активный дом» – здание, которое с помощью установленного инженерного оборудования, например: солнечных батарей, коллекторов, тепловых насосов, рекуператоров, грунтовых теплообменников и т. д. вырабатывало бы больше энергии, чем потребляло.

Варианты эффективных решений в области тепловой изоляции энергосберегающих зданий. Такими инженерно-инновационными технологиями являются следующие действия:

1. Уменьшение потерь теплоты через ограждающие конструкции или устранение «тепловых мостиков» за счет применения утеплителей с низким коэффициентом теплопроводности [6].

2. Установка вакуумных панелей или полупрозрачных изоляционных оболочек небольшой толщины.

3. Правильная стыковка кровли (крыши) и стен здания.

4. Утепление потолков и чердачного пространства.

Как правило, в энергосберегающем доме устраивается высокоэффективное наружное утепление ограждающих поверхностей. Внутренняя теплоизоляция нежелательна, так как она снижает термическую инерционность помещений и может привести к значительным колебаниям температуры в течение дня, например, при поступлении солнечного тепла через окна. После сдачи энергоэффективных домов в эксплуатацию, тепловизионный контроль подтверждает их максимально эффективную тепловую защиту по сравнению с обычными, традиционными зданиями [4].

Современные утеплители для энергосберегающих зданий. Важнейшее значение для энергосберегающего дома имеет тепловая изоляция, так как сколько бы альтернативной энергии не получали владельцы такого здания, ее эффективное использование во многом определяется тепловыми потерями оболочкой строительного объекта (или их отсутствием) [1].

Сегодня на рынке утеплителей представлено множество фирм-производителей данного строительного материала: «ROCKWOOL» (Дания), «KNAUF» (Германия), «ISOVER» (Франция), «PAROC» (Швеция), URSA (Испания), «DOW CHEMICAL COMPANY» (США), HK SINOLINK LIMITED (Китай), «ПЕНОПЛЭКС» (Россия). Инновационные теплоизоляторы представлены термокраской, эковатой, аэрогелями, вакуумной изоляцией и некоторыми другими теплоизоляторами [6].

Заключение и выводы. Наряду с энерго- и ресурсосберегающими аспектами строительства энергоэффективных зданий, необходимо учитывать и их эколого-экономическое, социальное значение [7].

Так средний по площади и строительному объему канадский коттедж производит ежегодно 5–7 тонн парниковых газов. Все дома США выделяют за этот же период времени около 278 млн тонн парниковых газов. Очевидно, что еще более активное внедрение пассивных домов в жилую застройку может существенно сократить эти выбросы в атмосферу.

Цена постройки пассивного энергосберегающего дома, примерно, на 8–10 % больше средних показателей, чем для обычного здания. Дополнительные затраты на строительство окупаются в течение 7–10 лет.

При этом нет необходимости тратить деньги на некоторые инженерные системы жизнеобеспечения и сопутствующие работы, связанные с ними, например: прокладывать внутри здания трубы водяного отопления, строить котельные, емкости для хранения топлива и т. д.

Экономические затраты за период жизненного цикла «пассивного» здания, т. е. общая стоимость проектирования, возведения, эксплуатации в течение 30 лет и последующего сноса, не превышают затрат за период жизненного цикла здания традиционной конструкции. Более высокие капитальные затраты «пассивного» дома компенсируются снижением эксплуатационных затрат за счет существенного сокращения энергопотребления и применения высокоэффективных технологий энергосбережения.

Источники

1. Павлов М.В., Карпов Д.Ф., Гудков А.Г. Анализ результатов тепловизионного обследования гражданского здания общественного назначения // Энергосбережение и водоподготовка. 2022. № 2 (136). С. 35–39.
2. Карпов Д.Ф., Павлов М.В., Гудков А.Г. Краткий анализ особенностей энергосбережения в современных строительных объектах // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VII Национальной науч.-практ. конф. / редкол.: Э. Ю. Абдуллазянов (гл. редактор) [и др.]. Казань, 2021. С. 299–306.
3. Павлов М. В., Карпов Д. Ф., Гудков А. Г. и др. Теплообмен. Теория и практика: учеб. наглядное пособие. Вологда: ВоГУ, 2021. 84 с.
4. Карпов Д.Ф., Павлов М.В., Гудков А.Г. Специфика комплексного тепловизионного мониторинга современных гражданских зданий и теплофизических свойств ограждающих конструкций из строительных материалов массового производства // Вестник ДГТУ. Технические науки. 2021. Т. 48, № 4. С. 147–158.
5. Соловьева А.А., Соловьев С.А. Разработка уточненного p-блока как модели случайной величины в задачах анализа надежности строительных конструкций // Строительная механика и расчет сооружений. 2022. № 1 (300). С. 20–28.
6. Карпов Д.Ф. Тепловые методы и средства контроля теплопроводности термокраски // Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова. 2019. № 2. С. 61–68.
7. Соловьева А.А., Соловьев С.А. Исследование развития моделей случайных величин в расчетах надежности строительных конструкций при неполной статистической информации // Вестник МГСУ. 2021. Т. 16, № 5. С. 587–607.

УДК 681.5.01

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО МЕСТА ОПЕРАТОРА ЭВМ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ НА ОБЪЕКТАХ ЖКХ

Кондратьева Надежда Петровна[1], Шишов Андрей Алексеевич[2],
Большин Роман Геннадьевич[3]
[1,2]ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный аграрный университет», г. Ижевск
[3]Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева, г. Москва
[1]aep_isha@maiL.ru, [2]otverta@mail.ru, [3]bolshin@rgau-msha.ru

В статье рассмотрены возможности организации рабочего места оператора ЭВМ в неприспособленных для этого полевых условиях при эксплуатации микропроцессорных терминалов автоматизации измерения и учета, на объектах ЖКХ. Все это может закончиться падением ноутбука и потерей информации. Предлагается на открытую дверцу шкафа распределительного устройства струбциной закрепляется держатель ноутбука.

Ключевые слова: эксплуатации цифровых микропроцессорных терминалов, рабочего места оператора ЭВМ.

ORGANIZATION OF A COMPUTER OPERATOR'S WORKPLACE IN THE FIELD CONDITIONS AT HUSAL OBJECTS

Kondrateva Nadezhda Petrovna[1], Shishov Andrey Alekseevich[2],
Bolshin Roman Gnnadievich[3]
[1,2]FGBOU VO “Udmurt State Agrarian University”, Izhevsk
[3]Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Moscow

The article considers the possibilities of organizing a workplace for a computer operator in field conditions unsuitable for this when operating microprocessor terminals for automation of measurement and accounting, at housing and communal services. All this can result in a laptop falling and information loss. It is proposed that a laptop holder is fixed to the open door of the switchgear cabinet with a clamp.

Keywords: operation of digital microprocessor terminals, workplace of the computer operator.

При эксплуатации микропроцессорных терминалов при автоматизации измерения и учета, на объектах ЖКХ, возникает необходимость их опроса через порты связи, установленные на лицевой части терминала. Для этих целей используются ноутбук со специальными программами

для опроса по протоколу Modbus, МЭК, RS 485, USB и т. д. Эта работа продолжительная, а места установки терминалов не располагают рабочим местом для установки ноутбука [1, 2]. Это создает ощутимые неудобства в работе, а попытки поставить ноутбук на неприспособленные для этого места могут закончиться его падением и выходом из строя, что приведет к потере информации находящейся на нем [3, 4]. Поэтому предлагается оборудовать рабочее место мобильными креплениями, которые крепятся к распределительному шкафу электроустановки для создания рабочего места оператора в полевых условиях на объекте ЖКХ с элементом крепления типа струбцина. Таким образом, на открытую дверцу шкафа распределительного устройства струбциной закрепляется держатель ноутбука, на который в свою очередь устанавливается ноутбук (таблица).

Сравнение существующих аналогов

№	Наименование способа	Фото	Достоинства	Недостатки
1	Работа с ноутбуков в состоянии стоя		Не требует дополнительных затрат	Неправильные или ошибочные действия оператора, потеря данных, повреждение ноутбука
2	Использование стационарного оборудованного места		Разгружает оператора	Размеры объектов не всегда позволяют, Отсутствует мобильность. Нарушаются нормы эксплуатации объектов
3	Переносное крепление ноутбука.		Мобильность. Разгружает оператора. Устанавливается на любой шкаф	Ограниченный функционал

1. Значительное снижение трудозатрат при проведении работ, связанных с эксплуатацией цифровых микропроцессорных терминалов автоматизации измерения и учета.

2. Уменьшение вероятности совершения «ошибки оператора».

3. Сокращение числа ситуаций, связанных с поломкой ноутбука и потерей рабочих данных.

4. Капиталовложения окупаются в момент предотвращения одного несчастного случая.

Источники

1. Цифровая система мониторинга повреждений на линиях / А.И. Федотов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Том 23, № 1. С. 146–155.

2. Кондратьева Н.П., Шишов А.А., Большин Р.Г Программа для определения неисправности воздушной линии в распределительных сетях 6/10 кВ: программа для ЭВМ 2022611229 Рос. Федерация № 2022610178; заяв. 11.01.2022; опубл. 21.01.2022.

3. Разработка цифровых автоматизированных систем управления для реализации энергосберегающих технологий / Н.П. Кондратьева [и др.] // Актуальные проблемы энергетики АПК: матер. XIII Нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Саратов, 2022. С. 81–85.

4. Реконструкция комплектного распределительного устройства КРУН-6кВ собственных нужд / А.А. Шишов [и др.] // Тинчуринские чтения – 2021 «Энергетика и цифровая трансформация»: матер. Междунар. молодежной науч. конф. В 3 т. Казань, 2021. Т. 1. С. 155–157.

УДК 621.311

ОПИСАНИЕ И ПРИНЦИП РАБОТЫ ТЕПЛОВОГО ПУНКТА

Коныжов Кирилл Вадимович[1], Минибаев Азамат Ильшатович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]konizhov.kirill@mail.ru

В работе рассмотрены вопросы, связанные с подключением индивидуальных тепловых пунктов в системах теплоснабжения больших городов, а также вопросы, относящиеся к автоматизации тепловых пунктов.

Ключевые слова: тепловая сеть, индивидуальный тепловой пункт, приборы контроля, теплоноситель, система отопления, автоматизация ИТП.

DESCRIPTION AND PRINCIPLE OF OPERATION OF THE HEAT POINT

Konyzhov Kirill Vadimovich[1], Minibaev Azamat Ilshatovich[2]
[1,2,3]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]konizhov.kirill@mail.ru

The paper deals with issues related to the connection of individual heat points in the heat supply systems of large cities, as well as issues related to the automation of heat points.

Key words: Heating network, individual heating point, control devices, coolant, heating system, ITP automation.

Важнейшей характеристикой современного теплового пункта является наличие приборов учета тепловой энергии, что в обязательном порядке предусмотрено ДБН В.2.5-39 «Инженерное оборудование зданий и сооружений. Внешние сети и объекты. Тепловая сеть».

Согласно разделу 16 настоящих норм в тепловом пункте должны размещаться оборудование, арматура, приборы контроля, управления и автоматики, с помощью которых осуществляют:

– контроль температуры теплоносителя в зависимости от погодных условий;

– изменение и контроль параметров теплоносителя;

– учет тепловых нагрузок, затрат теплоносителя и конденсата;

– регулирование расходов теплоносителя;

– защиту локальной системы от аварийного повышения параметров теплоносителя;

– доочистку охлаждающей жидкости;

– заправку и пополнение систем отопления;

– комбинированное теплоснабжение с использованием тепловой энергии из альтернативных источников.

Присоединение потребителей к тепловой сети должно осуществляться по схемам с минимальным расходом воды, а также с экономией тепловой энергии за счет установки автоматических регуляторов теплового потока и ограничения расходов сетевой воды. Не допускается подключение системы отопления к тепловой сети через элеватор совместно с автоматическим регулятором теплового потока [1].

Предписано использовать высокоэффективные теплообменники с высокими тепловыми и эксплуатационными характеристиками и малыми габаритами. В самых высоких точках трубопроводов тепловых пунктов должны быть установлены воздушники, а также рекомендуется использовать автоматические устройства с обратными клапанами. В нижних точках должна быть установлена арматура с запорной арматурой для слива воды и конденсата.

На вводе в тепловой пункт на подающем трубопроводе следует установить отстойник, а перед насосами, теплообменниками, регулирующей арматурой и счетчиками воды установить сетчатые фильтры. Кроме того, грязевой фильтр должен быть установлен на обратке перед приборами контроля и учета. С обеих сторон фильтров должны быть установлены манометры [2–4].

Для защиты каналов ГВС от накипи стандартами предусмотрено использование магнитных и ультразвуковых устройств водоподготовки. Принудительная вентиляция, которую необходимо оборудовать ИТП, рассчитана на кратковременное действие и должна обеспечивать 10-кратный обмен с неорганизованным притоком свежего воздуха через входные двери.

Во избежание превышения уровня шума ИТП не допускается располагать рядом, под или над помещениями жилых квартир, спальнями и игровыми комнатами детских садов и т. д. Кроме того, регламентировано, что устанавливаемые насосы должны быть с допустимой низкий уровень шума.

Тепловой пункт должен быть оборудован средствами автоматизации, приборами теплотехнического контроля, учета и регулирования, которые устанавливаются на объекте или на щите управления.

Автоматизация ИТП должна обеспечивать:

– регулирование стоимости тепловой энергии в системе отопления и ограничение максимального расхода сетевой воды у потребителя;

– заданную температура в системе ГВС;

– поддержание статического давления в системах теплопотребителей при их самостоятельном подключении;

– заданное давление в обратном трубопроводе или требуемый перепад давления воды в подающем и обратном трубопроводах тепловых сетей;

– защиту систем теплопотребления от повышенного артериального давления и температуры;

– включение резервного насоса при выключении основного рабочего и др.

Кроме того, современные проекты предусматривают организацию удаленного доступа к управлению тепловыми пунктами. Это позволяет организовать централизованную диспетчеризацию систем и контролировать работу систем отопления и горячего водоснабжения.

Также следует отметить, что современные ИТП включают в себя достаточно сложное оборудование, требующее периодического обслуживания и обслуживания, которое заключается, например, в промывке сетчатых фильтров (не менее 4 раз в год), очистке теплообменников (не реже 1 раза в 5 лет) и т.д. При отсутствии надлежащего обслуживания оборудование теплового пункта может прийти в негодность или выйти из строя [5].

В то же время в конструкции всего оборудования ИТП есть подводные камни. Дело в том, что в бытовых условиях температура в подающем трубопроводе централизованной сети зачастую не соответствует нормативу, который указывается теплоснабжающей организацией в технических условиях, выдаваемых на проектирование.

Источники

1. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. М.: Изд-во МЭИ, 2001. 472 с.

2. Теплоснабжающий полигон жилищно-коммунального хозяйства: учеб. пособие / Н.Д. Чичирова [и др.]. Казань: Казн. гос. энерг. ун-т, 2017. 266 с.

3. Шагиев Н.Г. Тепловые и атомные электрические станции: учеб. пособие. Казань: Казан. Гос. Энерг. Ун-т, 2006. 100 с.

4. Шищенко В.В., Пащенко Ю.Е., Бельский В.С. Влияние метода водоподготовки на величину карбонатного индекса подпиточной воды для тепловых сетей // Энергосбережение и водоподготовка. 2006. № 4. С. 14–16.

5. Шищенко В.В., Пащенко Ю.Е. Экологическая эффективность методов подготовки подпиточной воды теплосети // Новости теплоснабжения. 2006. № 7. С. 37–41.

УДК 620.276.6:536.7

НЕРАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА КАК ОСНОВНАЯ ПРОБЛЕМА НЕФТЕПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

Курочкин Игорь Сергеевич[1], Акбиров Ренат Илдарович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО КГЭУ, г. Казань
[1,2]parkour.99j@mail.ru

В статье рассматривается проблема нерационального использования попутного нефтяного газа на нефтеподготовительных объектах.

Ключевые слова: попутный нефтяной газ, природный газ, нефтеподготовительный объект.

IRRATIONAL USE OF ASSOCIATED PETROLEUM GAS AS THE MAIN PROBLEM OF OIL PREPARATION FACILITIES

Kurochkin Igor Sergeevich[1], Akbirov Renat Ildarovich[2]
[1,2,3]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1,2]parkour.99j@mail.ru

The article deals with the problem of irrational use of associated petroleum gas at oil preparation facilities.

Keywords: associated petroleum gas, natural gas, oil preparation facility.

На сегодняшний день актуальной проблемой нефтеподготовительных объектов являются нерациональное использование попутного нефтяного газа [1].

Попутный нефтяной газ – ценный энергетический ресурс, который можно использовать в качестве топлива для узлов нагрева нефти на нефтеподготовительных объектах. Однако, большие капитальные затраты на установки подготовки попутного нефтяного газа отталкивают производственников от использования попутного нефтяного газа в качестве топлива. В связи с этим продолжается использование природного газа в качестве топлива, что влечет за собой высокую себестоимость подготовки нефти. А ценный энергетический ресурс в качестве попутного нефтяного газа, в свою очередь, продолжает сжигаться на факельных установках, что влечет к ухудшению экологической обстановки в районах нефтеподготовки, утрате энергетического потенциала попутного нефтяного газа и штрафным санкциям [2].

Если обратиться к цифрам на примере абсорбционного метода подготовки попутного нефтяного газа можно заметить следующее:

– при утилизации 1м^3 попутного нефтяного газа на факельных установках, по энергетическому потенциалу, теряется 1,5–2 м^3 природного газа [3];

– при нерациональном использовании попутного нефтяного газа теряется возможность сократить себестоимость подготовки нефти на 8–9 % [4].

В связи с этим вопрос, связанный с комплексным повышением технико-экономической эффективности предприятий нефтеподготовки за счет внедрения технологий, которые позволят подготовить попутный нефтяной газ и рационально использовать его в качестве топлива, актуален и на сегодняшний день.

Источники

1. Ситенков В.Т. Проектирование обустройства нефтяных месторождений. 2012. 457 с.

2. Исмагилов Ф.Р., Вольцов А.А. Экология и новые технологии очистки сероводородсодержащих газов: учеб. пособие. Уфа: Экология, 2018. 214 с.

3. Сайфуллин Э.Р., Ларионов В.М., Ваньков Ю.В. Численное моделирование стабилизации теплопроизводительности парового котла при сжигании попутного нефтяного газа // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2019. Т. 21, № 3-4. С. 15–21.

4. Практическое пособие по выбору и разработке энергосберегающих проектов: справ.-метод. пособие / П.А. Костюченко [и др.]; под общ. ред. О.Л. Данилова, П.А. Костюченко. М.: Технопромстрой, 2016. С. 58–65.

УДК 628.16

ФИЛЬТРАЦИЯ ВОДЫ В ЖКХ

Кутилина Ксения Алексеевна[1], Власов Сергей Михайлович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ». г. Казань
[1,2]afdgjr5859@mail.ru

Рассмотрены возможные методы фильтрации воды для зданий ЖКХ. Приведены различные варианты очистки воды в помещениях, включающие в себя фильтр отложений, угольный фильтр, обратный осмос и УФ-дезинфицирование.

Ключевые слова: методы фильтрации, жилые здания, холодное водоснабжение зданий.

WATER FILTRATION IN HOUSING AND COMMUNAL SERVICES

Kutilina Ksenia Alekseevna[1], Vlasov Sergey Mikhailovich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1,2]afdgjr5859@mail.ru

Possible methods of water filtration for housing and communal services buildings are considered. Various indoor water purification options are given, including a sediment filter, carbon filter, reverse osmosis and UV disinfection.

Key words: filtration methods, residential buildings, cold water supply of buildings.

Холодное водоснабжение в системе ЖКХ не удовлетворяет нормам качества питьевой воды. За счёт изношенности городских систем подачи воды, трубопроводов, распределяющих узлов – снижаются показатели качества холодной воды [1].

В настоящее время жители многоквартирных жилых домов и частных секторов вводят дополнительную очистку ХВС. Системы очистки воды состоят из разных модулей, которые подбираются по ряду показателей качества воды. Часто требуется сборка фильтров для устранения всех загрязнителей. Первичные загрязнители включают остаточный пестицид, фармацевтические препараты, мутность, локально очистные сооружения (ЛОС), тяжелые металлы, хлор, хлорамин, фтор, тригалометаны (ТНМ) и галоуксусные кислоты (НАА). Эти загрязняющие вещества, в свою очередь, могут влиять на вкус, запах и цвет [2].

Фильтрующие аппараты в настоящее время разнообразны и различаются, как по методу фильтрации, так и по конструктивным особенностям. В основном используют мембранные и насыпные методы.

Мембранная система очистки воды является на сегодняшний день самой передовой технологией. В основе таких систем лежат полупроницаемые пористые мембраны, через которые проходит водный поток и очищает его от примесей. Мембранные системы задерживают загрязнения и действуют как тончайшие сита. Принцип действия насыпного фильтра основан на напорной фильтрации воды через слой зернистого материала. В качестве насыпного слоя используются зернистые загрузки: кварцевый песок, гидроантрацит, алюмосиликат или их смеси, которые служат для удаления механических примесей в процессе обработки воды. Основными являются следующие виды: фильтр отложений, угольный фильтр, обратный осмос и УФ-дезинфицирование. Чтобы не ошибиться с выбором устройства для фильтрации воды дома, стоит ознакомиться с тем, как именно они работают [3].

Осадочная фильтрация предназначена для удаления взвешенных твердых веществ, она не предназначена для химических веществ, тяжелых металлов или примесей, которые влияют на запах или вкус. Предварительные фильтры позволяют угольным фильтрам работать более эффективно и продлевать срок их службы. Углеродная фильтрация удаляет ЛОС, хлор, хлорамин, пестициды и некоторые фармацевтические препараты. Важно знать, какие дезинфицирующие средства используют ваши муниципальные центры очистки воды. Если возможно, рекомендуется угольный фильтр для всего здания. Размер фильтра должен соответствовать ожидаемому использованию воды. Механизм обратной промывки, который позволяет периодически промывать фильтр, продлит срок службы угольного фильтра. Преимущество обратной промывки заключается в том, что она очищает уже пойманные отложения и ослабляет углеродный блок. Недостатком обратной промывки является то, что она требует большого количества сточных вод. Установка угольного фильтра для всего здания выгодна, потому что помимо удаления загрязнений из питьевой воды, система всего дома также фильтрует воду для ванны и душа. Обратный осмос, удаляет тяжелые металлы, такие как свинец, ртуть и мышьяк, а также фтор, побочные продукты дезинфицирующих средств, микробные кисты и химические вещества, которые не были устранены с помощью угольных фильтров. Как только вода проходит через систему обратного осмоса, ее называют «чистой». Это и хорошо, и плохо. Хорошо, что фильтр удаляет многие виды загрязняющих веществ, плохо то, что с этими загрязнителями входят минералы, необходимые для нашего здоровья, включая кальций, магний

и железо. УФ-фильтрация воды хороша для борьбы с микробиологическими препаратами, которые могут присутствовать в колодезной воде. Правильно размерная и функционирующая УФ-система убивает потенциально вредные бактерии и микроорганизмы. Расход должен быть достаточно медленным, чтобы УФ-излучение работало эффективно. УФ-санитаризация, как правило, назначается только для скважин или поверхностных вод, если муниципальная обработка бактерий еще не состоялась. УФ-излучение убивает только живые организмы и не влияет на химические вещества, металлы, цвет, запах или отложения [3].

Рассмотрено, как проводится очистка воды. Нет общего ответа на вопрос, какую систему фильтрации выбрать. Правильный выбор зависит от загрязняющих веществ в вашей воде. Фильтрация углеродом определенно рекомендуется, в то время как система обратного осмоса рекомендуется только в том случае, если она проходит процесс реминерализации. С любой системой фильтрации очень важно регулярно заменять фильтры в соответствии со спецификациями производителя. Хотя большинство из нас не имеют доступа к чистой и пресной родниковой воде, у нас есть технология для значительного улучшения качества нашей воды [4].

Источники

1. Шабанова С.В. Голофаева, А.С. Сердюкова, Е.А. Недостатки современных систем очистки питьевой воды // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. 2014. С. 199–202.

2. Гигиеническая оценка питьевой воды из подземных источников централизованных систем водоснабжения / Тарутта Е.П. [и др.] // Анализ риска здоровью. 2020. С. 28.

3. Морозова Л.А., Ююков Е.С., Ажбаева Д.В. Факторы, определяющие качество воды водотоков // Геология, география и глобальная энергия. 2020. № 2. С. 68–72.

4. Сайт Healthy Building Science [Электронный ресурс] URL: https://healthybuildingscience.com/environmental-consultants/position-statements/water-filtration/ (дата обращения: 04.10.2022).

УДК 65.011.56

ДОБАВЛЕНИЕ НОВЕЙШИХ ТЕХНОЛОГИЙ АНАЛИЗА И ОПОВЕЩЕНИЙ В ДЕЙСТВУЮЩУЮ MES СИСТЕМУ

Мавлеев Руслан Рамилевич[1], Сафаров Ильдар Мирсаяфович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]ryslik592@gmail.com, [2]ildarsafarov@mail.ru

В современном мире технологии контроля производства активно развиваются, и причиной тому развитие машиностроения, т.к оно задает высокую планку для разработки различных информационно-аналитических систем, инструментам и способам для контроля полного цикла производственного процесса. В данной статье проведем исследование, как повлияет внедрение новых модулей оповещения и анализа на MES систему.

Ключевые слова: MES система, оптимизация производственного процесса, предиктивная аналитика, чат-боты.

ADDING THE LATEST TECHNOLOGY ANALYSIS AND ALERTS TO THE EXISTING MES SYSTEM

Mavleev Ruslan Ramilevich[1], Safarov Ildar Mirsayafovich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]ryslik592@gmail.com, [2]ildarsafarov@mail.ru

In the modern world, production control technologies are actively developing, and the reason for this is the development of mechanical engineering, because it sets a high bar for the development of various information and analytical systems, tools and methods for controlling the full cycle of the production process. In this article, we will conduct a study of how the introduction of new notification and analysis modules will affect the MES system.

Keywords: MES system, production process optimization, predictive analytics, chat bots.

Первоначальные концепты MES системы начали появляться ещё в 2000-х годах, когда еще не было речи о полной цифровизации производственных процессов, компаниям ещё было сложно доверять свои производственные мощности компьютеру. Но уже на текущий 2022 г., цифровизация стала основным вектором развития техно гигантов, и всё потому, что IT сфера развивается, и появляется много полезных инструментов, которые невозможно игнорировать, следуя современным тенденциям развития. Это и является главным мотивом появления различных информационных аналитических систем, которые позволяют оптимизировать технологические процессы.

На текущий момент [1] MES предоставляет информацию о возможностях производства («что»), производительности («сколько»), расписании («когда») и качестве («доступный уровень»). Система выполняет следующие функции [2]:

– RAS (англ. *Resource Allocation and Status*) – управление распределения ресурсами;

– DPU (англ. *Dispatching Production Units*) – координация производства продукции;

– DCA (англ. *Data Collection/Acquisition*) – база данных, сбор данных;

– LUM (англ. *Labor/User Management*) – управление человеческими ресурсами;

– QM (англ. *Quality Management*) – контроль качества;

– PTG (англ. *Product Tracking*) – отслеживание продукции;

– PA (англ. *Performance Analysis*) – определение показателя эффективности.

На данный момент, система имеет возможность демонстрировать полную информацию о цикле производства, но не может кардинально на него повлиять, это решение остается за человеком, по понятным на то причинам. Но что, если дать возможность системе настоять на каком-либо управленческом решении, и доказать человеку что она (система) права. Реализовать данную теорию можно использовав технологию предиктивной аналитики. Предикативная аналитика (ПА) – это прогнозирование, основанное на исторических данных. С помощью статистических инструментов можно выявить закономерности в изменениях показателей в предыдущих периодах и предсказать, как они будут вести себя в будущем [3].

База данных имеет большой объём информации, и человеку не под силу комплексно проанализировать всю информацию вручную. И в этом помогает предиктивная аналитика, она подскажет как лучше поступить в той или иной ситуации, основываясь на исторических данных, выбирая при этом самый выгодный путь решения, т.е. система ПА подскажет человеку, как ему лучше поступить в текущий момент времени, основываясь на статистических данных, и зачастую приведет человека к верному решению. Схематично изображено на рис. 1.

Рис. 1. Схема взаимодействия предикативной аналитики на производство

Так, например компания «КАМАЗ» в 2018 г., спроектировала 1780 собственных изделий, что позволило создать цифровой двойник своей сборочной продукции, что позволило внедрить предикативную аналитику, для отработки введения новшеств, например повышение производственных мощностей, за счет изменения каких либо параметров [4].

Представим ситуацию, мы получили советы от нашей аналитической системы, будучи на рабочем месте, мы приняли какое-либо решение, система работает дальше, а что если мы отойдем от рабочего места и системе срочно необходимо получить от нас одобрение для принятия решения, что делать тогда?

На помощь приходит смартфон, а именно мессенджер, довольно обыденное для нас в повседневной жизни, но редкость в промышленной деятельности. Создание чат бота значительно упростит работу диспетчеру, ведь где бы он не находился, он сможет быть в курсе событий, открыв чат-бота на своем смартфоне. Там же он сможет получать уведомления о необходимости вмешательства в процессы. Представим схему взаимодействия на рис. 2.

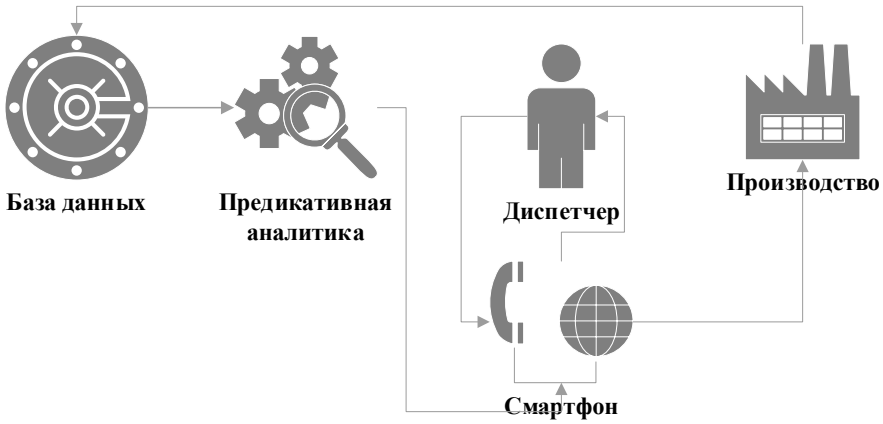


Рис. 2. Схема взаимодействия предикативной аналитики и смартфона на производство

Предиктивная аналитика является неотъемлемой частью вектора развития Индустрии 4.0. Без неё теряет смысл большинство смежных технологий, например цифровой двойник. Использование данной системы, на опыте доказала, что она позволяет предотвратить дорогостоящие расходы на ремонт, а также сократить расходы благодаря оптимизации производства. Чат боты же, в свою очередь, являются не уникальным, но самым быстрым способом оповещения должностных лиц когда нет возможности находится рядом с рабочим местом [4].

Источники

1. Загидуллин Р.Р. Управление машиностроительным производством с помощью систем MES, APS, ERP. Старый Оскол: ТНТ, 2011. 372 с.

2. Высочин С.В., Пителинский К.В., Смирнов Ю.Н. Принципы построения систем для расчета производственных расписаний // САПР и графика. 2008. № 9. С. 57–59.

3. Сапожникова М. Предикативная аналитика: как предсказать эпидемию и успех в бизнесе [Электронный ресурс]. URL: https://trends.rbc.ru/ (дата обращения 08.11.2022).

4. КАМАЗ создает цифровые двойники на производстве [Электронный ресурс]. URL: https://rostec.ru/ (дата обращения: 08.11.2022).

УДК 620.92

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО ПОЛОЖЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ВОДОРОДНЫХ ЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ

Макуева Дилара Ахлимановна[1], Разакова Регина Иршатовна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]dil.avp@mail.ru, [2]razakova.ri@kgeu.ru

В статье рассмотрена перспектива создания и развития автозаправочных станций на водороде. Современные отечественные и зарубежные проекты по внедрению водородного топлива для автотранспорта требуют создания соответствующей инфраструктуры водородных заправочных станций.

Ключевые слова: водород, водородная энергетика, водородная заправочная станция, топливо.

ANALYSIS OF THE CURRENT SITUATION AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF HYDROGEN FILLING STATIONS

Makueva Dilara Ahlimanovna[1], Razakova Regina Irshatovna[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]dil.avp@mail.ru, [2]razakova.ri@kgeu.ru

The article considers the prospect of creating and developing filling stations on hydrogen. Modern domestic and foreign projects for the introduction of hydrogen fuel for vehicles require the creation of an appropriate infrastructure for hydrogen filling stations.

Key words: hydrogen, hydrogen energy, hydrogen filling station, fuel.

Развитие водородной энергетики продолжает оставаться важным направлением исследований и разработок, ведущих к декарбонизации и низкоуглеродному развитию. Одним из возможных путей сокращения «углеродного следа» является переход автомобильного транспорта на водородное топливо [1]. Водородное топливо также применимо для привода поездов, морских судов и т. д.

В зарубежных странах использование водорода на транспорте и в энергетике – перспективное направление, на которое возлагаются большие надежды. Экологичность и возобновляемость – все это делает водород достойной альтернативной традиционным видам топлива.

Наибольшее развитие водородного автотранспорта наблюдается в Германии (H2 Mobility), США (CaFCP и H2 USA), Японии (HySUT). Европейская программа H2Mobility предлагает увеличить количество водородных заправок в Британии до 65 к 2025 году и до 1150 к 2030 г.,

чтобы охватить всю страну [2]. В США, Канаде, Норвегии строят «Водородные шоссе» между городами протяженностью от 500 до 1000 км, вдоль которых построены водородные заправки [3].

Основная часть политики Китая в водородной промышленности сосредоточена на разработке и демонстрации транспортных средств на топливных элементах. В настоящее время в г. Пекине и в провинции Хэбэй курсируют более 1 000 транспортных средств на водородном топливе: более 800 автобусов от Beiqi Foton, Geely и Yutong, автомобили Mirai и микроавтобусы Coaster от Toyota.

По данным за последние несколько лет количество ВЗС стремительно растет, например в 2006 г. насчитывалось 140 заправок, в 2008 г. – 175, в 2018 г. – 300, в 2020 г. – 570, эксплуатируются как общедоступные, так и частные (мобильные, домашние) станции. Ниже представлена информация по лидирующим странам по эксплуатации и строительству ВЗС (см. таблицу) [4].

Количество ВЗС в странах мира

Страна	США	Азия	Германия	Европа	Великобритания
Количество	107	178	84	117	11

Правительство России в свою очередь утвердило план мероприятий по развитию водородной энергетики до 2030 г. В 2021 г. на выставке Comtrans 2021 был презентован водородный электробус КАМАЗ-6290 – прототип городского автобуса на водородных топливных элементах, начало опытной эксплуатации планируется в 2024 г. Возникают сложности в проведении испытаний опытного образца из-за отсутствия водородных заправочный станций в России, на сегодняшний день она есть только при ИПХФ РАН в г. Черноголовка.

Массовое внедрение транспорта на водородных топливных элементах возможно только при наличии развитой заправочной водородной инфраструктуры.

Целевые показатели по водородным заправочным станциям на 2025 г. составляют 100 объектов, в дальнейшем их количество будет ежегодно возрастать.

ВЗС можно классифицировать по размеру станции: малые (до 20 кг H_2 в день), средние (от 50 до 1250 кг H_2 в день) и промышленные (от 2 500 кг H_2 в день и более), в основном они состоят из трех секций: «генерация H_2», система «хранения H_2», «компрессия и система заправки автомобилей» [5].

Между системой генерации H_2 и компрессором устанавливаются герметичные буферные резервуары. Водород хранится в виде сжатого газа или в сжиженном состоянии. Немаловажным является решение проблемы, связанной с транспортировкой H_2 к месту его использования. Поскольку водород обладает высокой диффузионной способностью, возможно возникновение, так называемой, водородной коррозии металла [6]. В свою очередь, водородная коррозия приводит к необратимым потерям механических свойств металла, что повышает вероятность возникновения аварийных ситуаций на ВЗС.

Безопасный и устойчивый переход к использованию водорода требует изучения и полного понимания вопросов безопасности, связанных с водородом. Для минимизации риска возникновения пожаро- и взрывоопасных ситуаций, необходимо избегать возникновения утечек и выбросов опасных веществ в атмосферу.

Источники

1. Grigoriev S.A., Porembsky V.I., Fateev V.N. Pure hydrogen production by PEM electrolysis for hydrogen energy // International Journal of Hydrogen Energy. 2006. Vol. 31, Iss. 2. Pp. 171–175.

2. UK H_2 Mobility. Phase 1. Results [Электронный ресурс]. URL: https://www.ukh2mobility.co.uk/wp-content/uploads/2013/08/UKH2-Mobility-Phase-1-Results-April-2013.pdf (дата обращения: 10.11.2022).

3. Где в мире распложены заправочные станции для водородных автомобилей [Электронный ресурс]. URL: https://zap-online.ru/info/avtonovosti/vodorodnie-zapravki (дата обращения: 09.11.2022).

4. Возобновляемые источники энергии [Электронный ресурс]. URL: https://neftegaz.ru/news/Alternative-energy/757329-kitay-uspeshno-azvivaet-vodorodnuyu-energetiku/ (дата обращения: 09.11.2022).

5. Клуманн А., Соллид Ч. Заправочные станции на основе электролизера для различных проектов в Европе // Альтернативная энергетика и экология. 2003. № S1. С. 29.

6. Способ заправки и заправочная станция водорода: пат. 2361144 Рос. Федерация № 2007113090/06; заявл. 20.10.2008; опубл. 10.07.2009, Бюл. № 19.

УДК 608.2

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Минниахметов Айнур Марсович[1], Сафаров Ильдар Мирсаяфович[2],
Сафин Марат Абдулбариевич[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]aynur.minniakhmetov@mail.ru, [2]ildarsafarov@mail.ru

В статье поднимается вопрос применения искусственного интеллекта в строительстве. В нашем мире очень актуальная тема строительства, поэтому внутренние ИИ вносит огромный вклад. Особое внимание уделено безопасности, оптимизации, сокращения затрат и времени. Данная тема ожидать развития в будущем.

Ключевые слова: строительство, искусственный интеллект, новые технологии, развитие, технологии

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN CONSTRUCTION

Minniakhmetov Ainur Marsovich[1], Ildar Mirsayafovich Safarov[2],
Safin Marat Abdulbarievich[3]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]aynur.minniakhmetov@mail.ru, [2]ildarsafarov@mail.ru

The article raises the issue of the use of artificial intelligence in construction. In our world, the topic of construction is very relevant, so internal AI makes a huge contribution. Special attention is paid to security, optimization, cost and time reduction. This topic is expected to develop in the future.

Keywords: construction, artificial intelligence, new technologies, development, technologies.

Искусственный интеллект (ИИ) – это система или машина, которая может имитировать поведение человека для выполнения задач и постепенного обучения на основе собираемой информации.

В дополнение к часто запрашиваемым межотраслевым задачам, которые в настоящее время успешно решаются с помощью алгоритмов машинного обучения, таких как финансовое моделирование, бюджетирование и планирование производства, оценка активов и рисков, оптимизация процессов закупок и логистики, а также обработка текстовых и голосовых сообщений на этапе продаж, согласование документов. Несколько специфических областей обучения и применения искусственного интеллекта: планирование и проектирование, безопасность и контроль и техническое обслуживание строительных площадок.

В области планирования и проектирования совместно с системами 3D-моделирования разработаны программы, позволяющие проектировать внутреннюю электроинфраструктуру одновременно со строительством зданий с учетом всех возможных параметров и графика работ каждого этапа строительства. строительство. Эта сквозная САПР достигается за счет генеративного проектирования, когда программное обеспечение использует машинное обучение для изучения всех возможных развертываний инфраструктуры, быстрого создания альтернативных вариантов дизайна и проверки совместимости по расписанию для каждой площадки и архитектуры здания. Поскольку изменения в процессе утверждения могут быть быстро включены в проект, генеративный дизайн также может повысить эффективность процесса разработки проекта и улучшить планирование и координацию между заинтересованными сторонами.

Поскольку строительная отрасль и рабочие места являются наиболее травмоопасными, управление безопасностью обслуживающего персонала, а также мониторинг и прогнозирование опасностей на рабочем месте является одним из главных приоритетов строительных компаний. Эти задачи могут быть решены на основе всех данных, сгенерированных на предыдущих сайтах проекта, включая не только документацию, но и аудио- и видеоматериалы, которые можно систематически преобразовывать в автоматическое обнаружение и предотвращение с помощью алгоритмов машинного обучения. Возможные опасности на строительных площадках. С помощью алгоритмов распознавания изображений на строительных площадках можно искать рабочих без касок и защитных жилетов. Структурный анализ помогает избежать потенциально опасных ситуаций, таких как падение, поражение электрическим током и т. д. На основе накопленных знаний могут быть разработаны алгоритмы, способные прогнозировать риск неблагоприятных событий, таких как протечка воды и обрушение конструкции во время строительства.

Искусственный интеллект имеет неограниченное применение в строительной отрасли. Внедрение автономных строительных машин, роботов и систем генеративного проектирования повысит эффективность, безопасность и качество строительства. В то же время, чтобы реализовать потенциал больших данных на строительной площадке за счет машинного обучения и алгоритмов искусственного интеллекта, необходимо собрать критический объем данных по различным строительным объектам и интегрировать различные информационные системы строительных

компаний. Однако без четкого экономического обоснования прибыльности и инвестиций проекты цифровой трансформации могут стать неэффективными по времени и ресурсам, что приведет к еще большему разочарованию и скептицизму в отношении больших данных и машинного обучения.

Источники

1. Симикян Е. Агентство «Синьхуа» представило англоязычного ведущего новостей, созданного с помощью ИИ [Электронный ресурс]. URL: https://rb.ru/story/sinhua-anchor-ai/ (дата обращения: 04.10.2022).
2. Бирюков А.Н. Нейросетевое моделирование как инструмент искусственного интеллекта для бюджетно-налоговых систем // Современные научные исследования и разработки. 2018. № 2. С. 47–55.
3. Гинзбург А.В., Рыжкова А.И. Возможности искусственного интеллекта по повышению организационно-технологической надежности строительного производства // Вестник МГСУ. 2018. № 1 (112). С. 7–13.
4. Буряк В.В., Габриелян О.А. Социальные последствия цифровизации экономики России: актуализация искусственного интеллекта // Научный вестник: финансы, банки, инвестиции. 2018. № 3 (44). С. 118–122.

УДК 621.391

ПРОБЛЕМА СБОРА И ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ НА ПРИМЕРЕ ПИКОВЫХ ЧАСОВ АО «АТС»

Сидоров Михаил Валерьевич[1], Карачурин Булат Рамилевич[2],
Саитов Станислав Радикович[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО КГЭУ «КГЭУ», г. Казань
[1]sidr7907@gmail.com, [2]karachurin.bulat20@gmail.com, [3]caapel@mail.ru

Способность предугадать пиковый час гарантирующего поставщика позволяет потребителю электрической мощности существенно сэкономить на платежах за электроэнергию за счёт своевременной разгрузки оборудования. Реализовать эту способность возможно с помощью анализа пиковых часов, предоставленных энергосбытовыми компаниями за предшествующие периоды. Проблема заключается в получении этих данных – часы, опубликованные на сайте АО «АТС» невозможно выгрузить итоговым cvs-файлом, что существенно затрудняет аналитику. В статье предлагается способ обхода этой проблемы.

Ключевые слова: большие данные, скрипты, дата инженерия, пиковые часы, оптовый рынок электрической энергии и мощности.

THE PROBLEM OF BIG DATA COLLECTION AND PROCESSING BY EXAMPLE OF PEAK HOURS AO«ATS»

Sidorov Mikhail Valeryevich[1], Karachurin Bulat Ramilevich[2],
Saitov Stanislav Radikovich[3]
[1,2,3]Kazan state power engineering university, Kazan
[1]sidr7907@gmail.com, [2]karachurin.bulat20@gmail.com, [3]caapel@mail.ru

The ability to predict the peak hour of the guarantee supplier allows the consumer of electric power to save significantly on payments for electricity due to the timely unloading of equipment. It is possible to realize this ability by analyzing peak hours provided by power supply companies for previous periods. The problem is in obtaining this data – the hours published on the ATC website cannot be unloaded by the final cvs-file, which significantly complicates the analytics. The article suggests a way around this problem.

Key words: big data, scripts, data engineering, peak hours, wholesale electricity and capacity market.

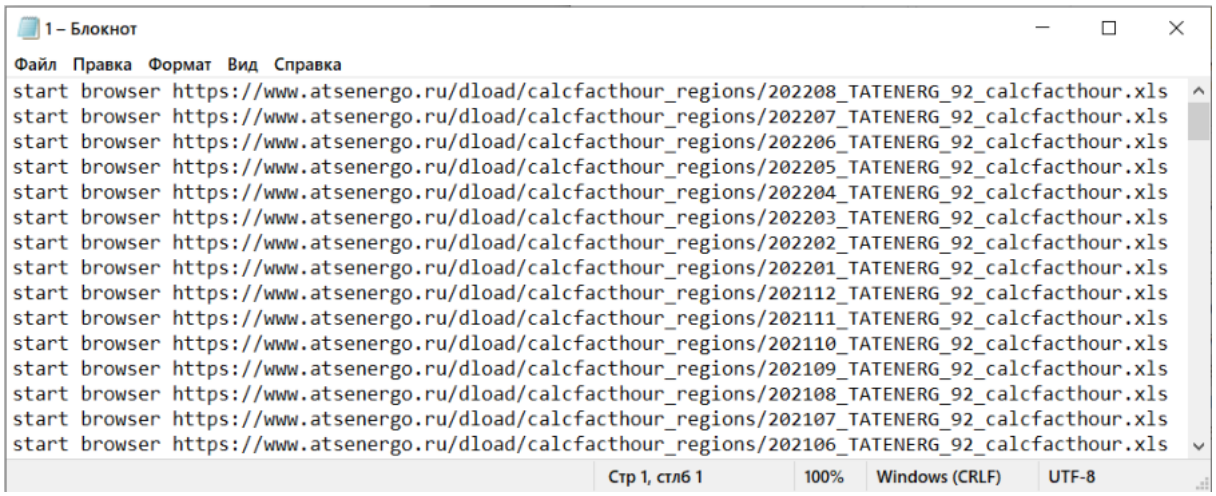
Данные о пиковых часах, публикуемые на сайте АТС [1] представляют с собой таблицу *.xls формата, содержащую информацию о конкретном месяце выбранного года для одного гарантирующего поставщика в регионе.

Проблема заключается в обработке этого массива данных – данные опубликованы за 11 лет. В каждом году по 12 месяцев. Всего 85 регионов РФ и порядка трёхсот гарантирующих поставщиков [2]. Итого 3 366 000 таблиц.

Для скачивания такой таблицы с сайта АТС [1] необходимо выбрать месяц, год, после в списке регионов выбрать гарантирующего поставщика электроэнергии. Скачивание всех этих таблиц представляет из себя длительную работу, сопровождающуюся монотонными действиями и является неэффективным подходом.

Для упрощения и ускорения этого процесса мы воспользовались BAT-файлом. BAT-файл – это последовательность команд для интерпретатора командной строки в виде текстового файла с расширением *.bat или *.cmd. Основное предназначение пакетных файлов – автоматизирование однообразных операций пользователя компьютера [3].

Тело разработанного скрипта включает команды браузера для скачивания необходимых файлов. Сама команда представляет из себя строку в которой содержится следующая информация: сайт <https://www.atsenergo.ru>, дата в формате <годмесяц>, кодировка (например <TATENERG>) и порядковый номер поставщика (см. рисунок).



Конечный вид BAT-файла в Блокнот

Для смены поставщика достаточно изменить его код и порядковый номер.

Запуск такого bat-файла приводит к каскадному скачиванию таблиц с сайта АТС. Полученный массив файлов может быть использован для дальнейшей аналитики.

Источники

1. Часы пиковой нагрузки: [Электронный ресурс]. URL: https:// www.atsenergo.ru/results/ market/calcfacthour (дата обращения: 02.11.22).

2. Федеральный информационный реестр гарантирующих поставщиков и зон их деятельности [Электронный ресурс]. URL: https://fas.gov.ru/pages/ activity/tariffregulation/federalnyij-informaczionnyij-reestr-garantiruyushhix-postavshhikov-i-zon-ix-deyatelnosti.html. (дата обращения: 02.11.2022).

3. Создание BAT файлов [Электронный ресурс]. URL: https://nevor.ru/ stati/operacionnye-sistemy/stati-dlya-windows/sozdanie-bat-fajlov (дата обращения: 02.11.2022).

4. Saitov S.R., Chichirova N.D. Investigation of the composition and causes of membrane fouling of reverse osmosis [Электронный ресурс]. DOI: https:// doi.org/10.1051/e3sconf/202021601072 (дата обращения: 04.10.2022).

5. Enhancing the Ecological and Operational Characteristics of Water Treatment Units at TPPs Based on Baromembrane Technologies / N.D. Chichirova [et al.] // Thermal Engineering. 2017. № 12 (64). Pp. 920–930.

6. Chichirova N.D., Chichirov A.A., Saitov S.R. Problems of reliability and economy work of thermal power plants water treatment based on baromembrane technologies [Электронный ресурс] // Journal of Physics Conference Series. 2017. Vol. 891. URL: https://iopscience.iop.org/issue/1742-6596/891/1 (дата обращения: 10.10.2022).

7. Chichirova N.D., Chichirov A.A., Saitov S.R. Atomic force microscopy and IR spectrometry application in detecting the type and nature of contaminants on reverse osmosis membrane elements // Earth and Environ. Sci. 288 (2019) 012007.

УДК 004: 37

РАЗРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕЛЕГРАМ-БОТОВ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ

Мустахитдинова Юлия Айдаровна[1], Зарипова Римма Солтановна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2]ymustakhitdinova@mail.ru

В данной статье рассматриваются ключевые особенности разработки телеграм-ботов с целью выполнения различных внутренних процессов образовательных организаций. Описаны преимущества и этапы разработки телеграм-ботов. Рассмотрено значение дизайна в разработке телеграм-ботов, заключающееся в необходимости уделять особое внимание внешнему виду и стилю программного продукта.

Ключевые слова: бот, телеграм, пользовательский интерфейс, информационная система, телеграм-бот, приложение.

DEVELOPMENT AND USE OF TELEGRAM BOTS IN THE EDUCATIONAL PROCESS

Mustakhitdinova Yulia Aydarovna[1], Zaripova Rimma Soltanovna[2]
[1,2]Kazan state power engineering university, Kazan
[1,2]ymustakhitdinova@mail.ru

This article discusses the key features of developing telegram bots in order to perform various internal processes of educational organizations. The advantages and stages of the development of telegram bots are described. The meaning of design in the development of telegram bots was considered, which consists in the necessity to pay special attention to the appearance and style of the software product.

Keywords: bot, telegram, user interface, information system, telegram bot, application.

В современном мире значительную важность имеют такие проблемы, которые связаны непосредственно с автоматизацией бизнес-процессов и разработкой удобного пользовательского интерфейса в приложениях [1]. В данной статье рассматривается информационная система в виде телеграм-бота, автоматизирующая бизнес-процессы образовательного учреждения.

Внедрение телеграм-бота упростит взаимодействие между учащимися и преподавателями, сэкономит время, сократит количество ошибок, связанных с человеческим фактором, а также даст возможность работать с телефона в любое время в любом месте, позволит найти индивидуальных подход к каждому студенты [2].

Телеграм-бот может размещать полноценные веб-приложения, созданные на JavaScript [3]. Это позволяет создавать бесконечно гибкие интерфейсы, которые могут использовать все, от интернет-магазинов до аркадных игр. Плюсами реализации информационной системы в виде телеграм-бота являются мобильность, легкая смена платформ, отсутствие загрузки программных модулей и легкая реализация.

Существуют следующие основные этапы разработки телеграм-ботов: системный анализ и разработка технического задания, создание дизайна, проектирование, вёрстка; программирование, тестирование, ввод программы в действие [4].

Разработка дизайна пользовательского интерфейса является одним из самых важных этапов разработки телеграм-бота [5]. Пользовательский интерфейс – это набор программных и аппаратных средств, обеспечивающих взаимодействие пользователя с компьютером. Основу такого взаимодействия составляют диалоги. Дизайн телеграм-бота не отличается от дизайна других приложений. Они обладают множеством общих элементов, например, командами для взаимодействия и кнопками для интеракции с ботом.

В дизайне телеграм-бота особенно важно иметь возможность общаться с ботом при помощи чата, а сам бот должен обеспечивать мгновенную связь с клиентами [6]. Но у чата есть обратная сторона, имеющая такой недостаток, как неработоспособность во время обновлений. Бот будет доступен в часы, только когда включен и не происходит никаких обновлений на сервере.

Многие университеты активно используют телеграм-боты в различных целях. Например, это размещение каких-либо новостей, расписания занятий, поиск нужной информации, возможность посмотреть свои баллы за учебный год. Благодаря телеграм-ботам учеба становится более интересной и увлекательной. Созданный телеграм-бот может широко использоваться в таких образовательных процессах, как проверка домашнего задания, дополнительное изучение материала, оценивание знаний учащихся, проведение консультаций. С помощью телеграм-бота можно реализовывать различные тесты и онлайн-квесты с целью вовлечения студентов в учебную деятельность. Но есть также и минусы у внедрения телеграм-ботов: отвлечение учащихся на темы, не связанные с обучением, увеличение занятости преподавателей, возможная потеря информации с телефона.

Источники

1. Алемасов Е.П., Зарипова Р.С. Мобильные приложения в образовательном процессе // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации: матер. 20-й открытой Всерос. конф. М., 2022. С. 118–119.

2. Ишмуратов Р.А., Зарипова Р.С. Роль и место программных приложений в образовательном процессе // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации: матер. 17-й открытой Всерос. конф. М., 2019. С. 156–158.

3. Алемасов Е.П., Зарипова Р.С. Модернизация образования посредством интеграции информационных технологий в процесс обучения // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VI Нац. науч.-практ. конф. Казань, 2020. С. 130–132.

4. Пырнова О.А., Зарипова Р.С. Перспективы цифровой трансформации образования // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VI Нац. науч.-практ. конф. Казань, 2020. С. 147–149.

5. Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Внедрение инновационных технологий в учебный процесс // Приборостроение и автоматизированный электро-привод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VI Нац. науч.-практ. конф. Казань, 2020. С. 161–163.

6. Кривоногова А.Е., Зарипова Р.С. Современные информационные технологии и их применение в сфере образования // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации: матер. 17-й открытой Всерос. конф. М., 2019. С. 399–401.

УДК 620.91; 621.311.26

ГИБРИДНЫЕ МИНИ-ТЭС НА БИОМАССЕ И СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ИЗОЛИРОВАННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Набиуллина Мадина Фаридовна[1], Мингалеева Гузель Рашидовна[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]madinanabiullina@yandex.ru, [2]mingaleeva-gr@mail.ru

В статье представлены результаты расчета гибридной мини-ТЭС в конфигурации параллельной установки солнечных коллекторов и парового котла на биомассе. Рассмотрена автономная мини-ТЭС мощностью 10 МВт, в качестве топлива использовалась лузга подсолнечника, данные по интенсивности солнечного излучения соответствуют климатическим условиям Республики Татарстан. Использование гибридных установок для сжигания биомассы и солнечных коллекторов способствует снижению расхода топлива с 0,49 до 0,43 кг/с. Общая экономия топлива за год составляет 1854,4 т.

Ключевые слова: гибридные станции, солнечная энергия, биомасса

HYBRID MINI-CHPS ON BIOMASS AND SOLAR ENERGY FOR ENERGY SUPPLY OF ISOLATED CONSUMERS

Nabiullina Madina Faridovna[1], Mingaleeva Guzel Rashidovna[2]
[1,2]Kazan state power engineering university, Kazan
[1]madinanabiullina@yandex.ru, [2]mingaleeva-gr@mail.ru

The article presents the results of the calculation of a hybrid mini-CHP in the configuration of a parallel installation of solar collectors and a biomass steam boiler. An autonomous mini-thermal power plant with a capacity of 10 MW was considered, sunflower husks were used as fuel, data on the intensity of solar radiation correspond to the climatic conditions of the Republic of Tatarstan. The use of hybrid biomass combustion plants and solar collectors helps to reduce fuel consumption from 0.49 to 0.43 kg/s. The total fuel saving for the year is 1854.4 tons.

Keywords: hybrid stations, solar energy, biomass.

Развитие малонаселенных, но богатых природными ресурсами регионов России, во многом сдерживается отсутствием надежного и экономически выгодного энергоснабжения. Вопрос об «изолированных» потребителях рассматривался в работах ИСЭМ им. Л.А. Мелентьева [1]. Термин «изолированные» употребляется в отношении потребителей электрической и тепловой энергии, имеющих следующие особенности: небольшие энергетические нагрузки отдельных потребителей или населенных пунктов,

составляющие от нескольких десятков кВт до нескольких МВт; многочисленность и рассредоточенность по территории региона; удаленность от транспортных магистралей и линий электропередачи.

Для изолированных потребителей, как правило, организуется автономное энергоснабжение. Однако при этом необходимо рассматривать различные варианты, а не только дизель-генераторы, для которых необходимо привозное топливо.

В настоящее время территория России, обеспеченная только автономным энергоснабжением, составляет около 65 % от общей площади страны [2]. Прокладка централизованных электрических сетей для данных регионов ввиду низкой плотности населения нецелесообразна, а иногда и невозможна. Для выбора источника энергоснабжения для изолированных потребителей необходимо исследовать наличие энергетических ресурсов в данном регионе – как традиционных, так и возобновляемых. Причем для каждого региона технические и технологические решения для автономного энергоисточника будут уникальными.

В данной работе проведен анализ имеющихся энергетических ресурсов для сельскохозяйственных предприятий Республики Татарстан. Целесообразно в этом случае использовать растительные отходы сельскохозяйственного производства в сочетании с солнечной энергией, что необходимо для стабильного и надежного электро- и теплоснабжения. На основе обзора известных технологических схем гибридных электростанций, использующих биомассу [3], выбрана гибридная мини-ТЭС, представленная на рис.1, работающая следующим образом.

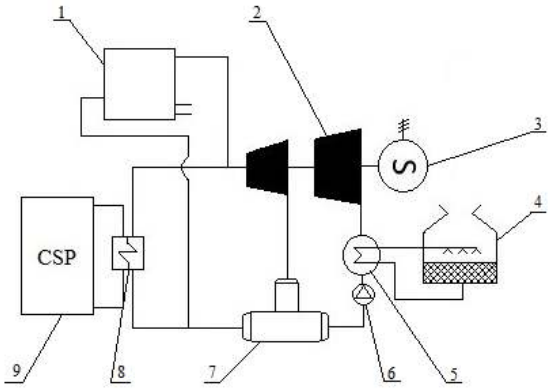


Рис. 1. Гибридная конфигурация солнечной энергии и биомассы с параллельной установкой солнечных коллекторов (CSP) и биомассы: *1* – солнечный коллектор; *2* – паровая турбина; *3* – электрогенератор; *4* – градирня; *5* – конденсатор; *6* – конденсатный насос; *7* – деаэратор; *8* – подогреватель установки CSP; *9* –установка концентрирования солнечной энергии

Перегретый пар из котла *1* подается с температурой 250 °С и давлением 240 бар в паровую турбину *2*, после которой отработавший пар конденсируется в конденсаторе *4*, затем конденсатными насосами 6 подается к деаэратору *7*, где за счет пара, отбираемого из турбины, осуществляется как деаэрация питательной воды, так ее и подогрев до температуры конденсации отборного пара. После деаэратора вода параллельно подается в подогреватель солнечных коллекторов (CSP) *8* и паровой котел.

В замкнутом контуре, объединяющем солнечные коллекторы и подогреватель, циркулирует органический теплоноситель Therminol VP-1, обладающий улучшенными теплофизическими свойствами.

При расчете гибридной мини-ТЭС использовались технические характеристики выбранных солнечных коллекторов, котла и паровой турбины, свойства топлива (лузга подсолнечника) и климатические данные Республики Татарстан. В таблице представлены основные технические характеристики гибридной мини-ТЭС.

Основные технические характеристики гибридной мини-ТЭС

Тепловая мощность	10 МВт
Температура на входе в солнечный коллектор	292 °С
Теплоноситель	Therminol VP-1
Удельная теплоемкость теплоносителя при 343 ºС	2436 Дж/(кг · °С)
Удельный массовый расход теплоносителя	7 кг/с
Тип коллектора	EUROTROUGH
Площадь коллектора	400 м^2
Коэффициент тепловых потерь	5,5 Вт/(м^2· °С)
Оптический КПД	0,77
Паровой котел	КЕ-10-24-250СО
Паропроизводительность котла	10 т/ч
Рабочее давление	2,4 МПа
Температура	250 °С

Конечная температура теплоносителя в последней ступени солнечного коллектора определяется по формуле, представленной авторами работы [4]:

$$t_{\text{к}} = t_{\text{вх}} + \frac{I_{\text{с}}\eta_{0i}}{k_i}\left(1 - e^{-\frac{k_i F_{\text{к}}}{cM}}\right), \qquad (1)$$

где $t_{вх}$ – температура теплоносителя на входе в коллектор; $I_с$ – поток солнечной радиации (данные приводятся на каждый месяц отчетного периода); η_{0i} – оптический КПД коллектора; k_i – коэффициент тепловых потерь; F_k – площадь коллектора; M – удельный массовый расход теплоносителя; c – удельная теплоемкость теплоносителя. Интенсивность солнечного излучения в РТ по данным наблюдений [5] в течение года изменяется от 540 до 5 930 Вт/м^2.

Уравнение теплового баланса установки имеет вид:

$$Q_с = cM(t_к - t_н), \tag{2}$$

Экономию твердого топлива на мини-ТЭС при подключении концентрационных установок солнечной энергии можно рассчитать по следующему выражению [3]:

$$M_р = \frac{Q_п - Q_с}{\eta_к Q_р}, \tag{3}$$

где $Q_п$ – тепло, необходимое для производства с полной нагрузкой; $Q_с$ – тепло, собираемое солнечным коллектором; $\eta_к$ – производительность вспомогательной системы отопления. Значение установлено на 82,83 % для котла на биотопливе; $Q_р$ – теплотворная способность биомассы.

Результаты расчета представлены на рис. 2.

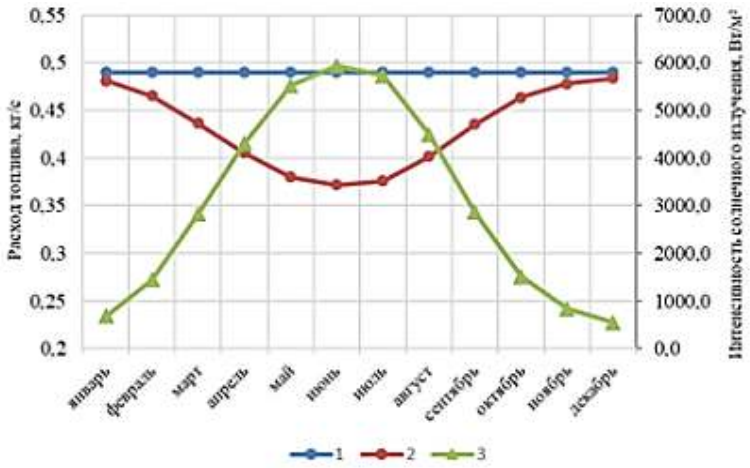


Рис. 2. Расход топлива (биомасса) на гибридной мини-ТЭС в зависимости от интенсивности солнечного излучения: *1* – без использования солнечного нагревателя; *2* – с солнечным нагревателем; *3* – интенсивность солнечного излучения

Анализ полученных результатов показывает, что использование гибридных установок для сжигания биомассы и солнечных коллекторов способствует снижению расхода топлива с 0,49 до 0,43 кг/с. Общая экономия топлива за год составляет 1 854,4 т. Применение гибридной мини-ТЭС для энергообеспечения сельскохозяйственного предприятия позволит исключить затраты на топливо, поскольку используются отходы местного производства, а также стабилизировать выработку энергии.

Источники

1. Системные исследования в энергетике: Ретроспектива научных направлений СЭИ– ИСЭМ / отв. ред. Н.И. Воропай. Новосибирск: Наука, 2010. 686 с.
2. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика. СПб.: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2016. 424 с.
3. Srinivas T., Reddy B.V. Hybrid solar-biomass power plant without energy storage // Case Studies in Thermal Engineering. 2014. Vol. 2. Pp. 75–81.
4. Шишкин Н.Д., Манченко Е.А. Системный анализ и алгоритмы расчета комбинированных солнечно-ветровых установок // Вестник АГТУ. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2013. № 1. С. 100–108.
5. Значение солнечной инсоляции в г. Казань (Республика Татарстан) [Электронный ресурс]. URL: https://www.betaenergy.ru/insolation/kazan/ (дата обращения: 19.10.2022).

УДК 643/645

ОБЗОР ЗАРУБЕЖНЫХ ЭКЗОТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ВЕНТИЛИРОВАНИЯ ПОМЕЩЕНИЙ

Сатаров Артем Сергеевич[1], Саитов Станислав Радикович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]goodmen30070@gmail.com, [2]caapel@mail.ru

В мире существует множество экзотических систем вентилирования помещений, одно из которых с древности используется в иранской и персидской архитектуре. В статье рассматривается принцип работы этой системы и варианты её использования в российских условиях.

Ключевые слова: эффективное энергопотребление, Бадгир, альтернативные источники энергии, теплоэнергетика, архитектура.

OVERVIEW OF FOREIGN EXOTIC VENTILATION SYSTEMS

Satarov Artyom Sergeevich[1], Saitov Stanislav Radikovich[2]
[1,2]Kazan state power engineering university, Kazan
[1]goodmen30070@gmail.com, [2]caapel@mail.ru

There are many exotic indoor ventilation systems in the world, one of which has been used in Iranian and Persian architecture since ancient times. The article discusses the principle of operation of this system to achieve more efficient energy consumption in hot regions of Russia.

Keywords: Badgir, efficient energy consumption, alternative energy sources, thermal power engineering, architecture.

Экологические и природные явления вносят огромный вклад в создании взаимосвязанных культурных, экономических и социальных инфраструктур региона. В настоящее время остро стоит вопрос энергосбережения [4]. Для решения одной из них, а именно вопроса вентилирования зданий или иных объектов инфраструктуры [5], предлагается использовать древнее изобретение иранских архитекторов, Бадгиры.

Здания в иранских пустынных регионах строятся с учетом конкретных климатических условий и отличаются в зависимости от климата. Из-за отсутствия доступа к современным системам отопления и кондиционирования в древние времена архитекторы были вынуждены полагаться на природные явления, чтобы создать благоприятные для человека условия внутри архитектурных сооружений [1].

В прошлом, в отсутствие современного оборудования только продуманная архитектура позволяла людям переносить жаркое лето. Вентиляционные конструкции, названные Бадгирами (персидскими ветроловами) были главными сооружениями, позволяющими охлаждать внутреннее пространство зданий. Работа ветролова зависит от параметров ветра и солнца в регионе. В древности в традиционных постройках и в безводных и сухих регионах ветролов работал как современная система кондиционирования воздуха.

Башня ветролова опускается до нижних уровней здания и имеет несколько вентканалов, обычно четыре, которые открываются в направлении одной из четырех сторон света. Работа башни регулируется открытием одного из каналов, например, при открытии канала с подветренной стороны в дело вступает эффект Коанда, воздух вытягивается из здания, в то время как при открытии наветренного канала воздух затягивает в шахту башни, где он опускается к нижним уровням здания. Для охлаждения приточного воздуха в жаркое время используется водоканал, проходя через который, воздух охлаждается и увлажняется засчет водяных испарений (см. рисунок), и позже поднимается на остальные уровни здания уже охлажденным. В качестве водоканалов использовали акведуки, а так же подземные водоемы [3].

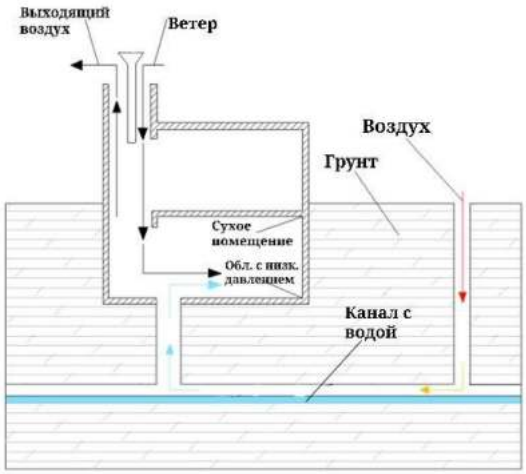


Рис. 1. Схема работы ветролова

Ввиду того, что ветроловы используют энергию ветра, можно отметить, что использование Бадгира является энергоэффективным аналогом современных систем вентилирования воздуха в жилых и производственных помещениях в районах с жарким климатом, что обеспечивает экономию электроэнергии.

Источники

1. A’zami A. Badgir in traditional Iranian architecture // Proc. of the International Conference “Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment”. Maggio, 2005. Pp. 1021–1026.

2. Соболь И.С., Жилина Н.Д. Бадгиры или вентиляция древних. Возможность применения в наши дни // VIII Всерос. фестиваль науки: сб. докл. Н. Новгород, 2018. Т. 1. С. 141–143.

3. Wind Catcher: A Traditional Device to Create Ventilation [Электронный ресурс]. https://www.tasnimnews.com/en/news/2017/07/19/1465736/wind-catcher-a-traditional-device-to-create-ventilation. (дата обращения: 02.11.2022)

4. Павленко В.А. Показатель потребления электроэнергии SFP для оценки затрат на работу системы вентиляции и климатизации // Энергобезопасность и энергосбережение. 2010. № 3. С. 19–21.

5. Синицын В.И., Шуршакова Е.В. Современные тенденции в проектировании систем теплогазоснабжения и вентиляции // Ecology. 2015. № 4. С. 15–17.

6. Саитов С.Р., Чичирова Н.Д., Чичиров А.А. Баромембранные технологии в схеме водоподготовки Уфимской ТЭЦ-1 // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2017. № 2 (34). С. 58–67.

7. Chichirova N.D., Chichirov A.A., Saitov S.R. Atomic force microscopy and IR spectrometry application in detecting the type and nature of contaminants on reverse osmosis membrane elements [Электронный ресурс] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 288. URL: https://iopscience.iop.org/issue/1755-1315/288/1 (дата обращения: 09.11.2022).

8. Saitov S.R., Chichirova N.D. Investigation of the composition and causes of membrane fouling of reverse osmosis // E3S Web of Conference. 2020. Vol. 216. URL: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202021601072 (дата обращения: 09.11.2022).

УДК 621.311:004.896

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ SMART GRID

Сафаров Ильдар Мирсаяфович[1], Камалов Динар Ришатович[2],
Аскаров Арсен Русланович[3], Сафин Марат Абдулбариевич[4]
[1,2,3,4]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]ildarsafarov@mail.ru, [2]dinar.kamalov.2020@mail.ru, [3]askarov3001@gmail.com

Развитие электроэнергетического сектора в настоящее время зависит от всеобъемлющей цифровизации гарантирующая надежность, доступность и качество энергоснабжения, за счет оптимизации ресурсов производства и распределения энергии. В перспективе цифровые технологии позволят объединить составляющие энергетической отрасли России, формируя единую автоматизированную энергосистему Smart Grid.

Ключевые слова: Smart Grid, автоматизация, энергетика, цифровизация.

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE ELECTRIC POWER INDUSTRY BASED ON SMART GRID TECHNOLOGY

Safarov Ildar Mirsayafovich[1], Kamalov Dinar Rishatovich[2],
Askarov Arsen Ruslanovich[3], Safin Marat Abdulbariyevich[4]
[1,2,3,4]Kazan state power engineering university, Kazan
[1]ildarsafarov@mail.ru, [2]dinar.kamalov.2020@mail.ru, [3]askarov3001@gmail.com

The development of the electricity sector is currently dependent on huge digitalization, guaranteeing the reliability, availability and quality of energy supply, at the expense of significant energy production and distribution resources. In the proposed dispersive calorimetric neutralization of the reflecting industry of Russia, which forms the unified energy system Smart Grid.

Key words: Smart Grid, automation, energy, digitalization.

Технология Smart Grid представляет из себя инновационные сети электроснабжения, использующие информационные и коммуникационные сети для сбора данных об энергопотреблении и энергопроизводстве включающая в себя smart-счётчики, smart-датчики, источники возобновляемой энергии, усовершенствованные технологические компоненты, системы учета, необходимые для автоматического повышения эффективности, надежности, экономической выгоды и устойчивости производства и распределения электроэнергии (см. рисунок) [1].

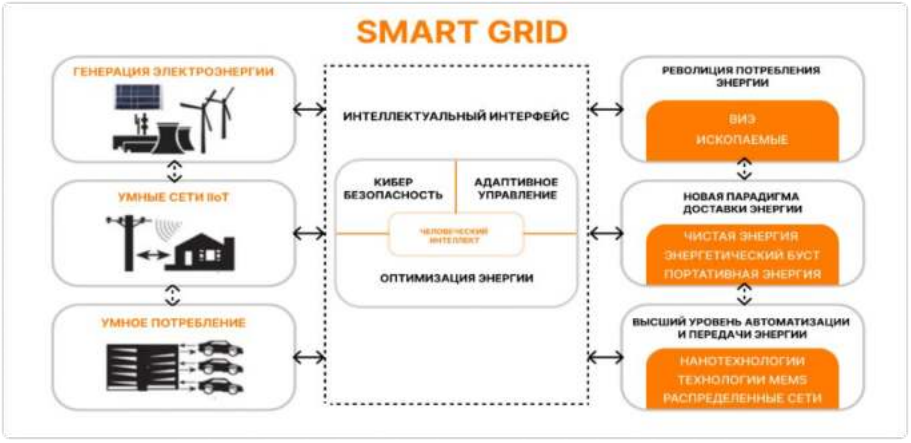


Рис. 1. Составляющие системы Smart Grid

Что из себя представляет механизм работы Smart Grid? Интеллектуальная сеть представляет собой передачу электроэнергии и информации между коммунальным предприятием и клиентами. Это развивающаяся сеть коммуникаций, средств управления, автоматизации, новых технологий и инструментов, работающих вместе, позволяет интегрировать новые технологии, такие как производство энергии ветряных электростанций, солнечных батарей и зарядки электромобилей от сети [2]. При нашем участии в качестве информированных потребителей Smart Grid заменит устаревшую инфраструктуру современной сети, что сильно повлияет на оптимизацию электроэнергии потребителем.

Внутри умного дома домашняя сеть или Smart HAN соединяет интеллектуальные термостаты и другие электрические устройства с системой управления энергопотреблением [3]. Умные приборы и устройства будут корректировать свой график работы, чтобы снизить спрос на электроэнергию в сети в критические моменты и снизить счета потребителей за электроэнергию. Этими интеллектуальными устройствами можно управлять и планировать их работу через мобильные устройства.

Коммунальные службы должны включать и выключать электростанции в зависимости от количества энергии, необходимой в определенное время дня. Стоимость доставки электроэнергии зависит от времени суток, когда она используется. Доставка электроэнергии в часы пик обходится дороже, потому что для удовлетворения более высокого спроса необходимо эксплуатировать дополнительные, часто менее эффективные электростанции [4]. Эта интеллектуальная сеть позволит коммунальным предприятиям управлять и регулировать потребление электроэнергии в сотрудничестве со своими клиентами, особенно в периоды пикового спроса.

В результате коммунальные предприятия смогут сократить свои эксплуатационные расходы, отложив потребление электроэнергии в пиковые часы, с помощью запуска приборов и устройств в необходимое для потребителя время. Технологии Smart Grid предоставляют подробную информацию, благодаря решению АИИС КУЭ, которая в свою очередь позволяет операторам сетей видеть потребление электроэнергии и управлять им в режиме реального времени [5] Это лучшее решение для снижения количества простоев и потребности в пиковой мощности.

В заключение стоит отметить высокое влияние технологии Smart Grid на энергетический сектор России, выполняющую основные функции оптимизации и снижения потерь в распределительных сетях, удобстве потребителем контролировать расход электроэнергии, а также повышенной наблюдаемости и автоматизации энергетических сетей.

Источники

1. Pingkuo L.M. Strategic analysis and development plan design on digital transformation in the energy industry: A global perspective // International Journal of Energy Research. 2021. Vol. 45, Iss. 14. Pp. 19657–19670.

2. Юсупова И.В., Нугуманова Л.Ф., Селезнев Д.К. Стратегические основы инновационного развития Республики Татарстан // Вестник КГЭУ. 2018. Т. 10, № 1 (37). С. 133–139.

3. Физическая модель Smart Grid [Электронный ресурс] / А.И. Чивенков [и др.] // Труды НГТУ им. Р. Е. Алексеева. 2017. № 1 (116). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/fizicheskaya-model-smart-grid (дата обращения: 29.10.2022).

4. Врублевских А.А., Горемыкин Е.В. Технология Smart Grid и цифровая подстанция [Электронный ресурс] // StudNet. 2020. № 12. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-smart-grid-i-tsifrovaya-podstantsiya (дата обращения: 01.11.2022).

5. Глухов В.В., Скворцов В.В. Принципы Smart Grid в энергети-ческой инфраструктуре города // π-Economy. 2010. №6 (112). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/printsipy-smart-grid-v-energeticheskoy-infrastrukture-goroda (дата обращения: 03.11.2022).

УДК 621-313.3

ТВЕРДЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ НА ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ТРУБОК ВОДОГРЕЙНЫХ КОТЛОВ

Сергеева Анна Валерьевна[1], Власова Алена Юрьевна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ» г. Казань
[1]sergeevaanna25@gmail.com, [2]vlasovaay@mail.ru

В статье рассматривается вопрос о твердых отложениях на внутренних поверхностях трубок водогрейных котлов. Приводится ряд основных факторов, которые влияют на образование отложений.

Ключевые слова: отложения, формирование, факторы, водогрейный котел, вода.

HARD DEPOSITS ON THE INNER SURFACE OF THE TUBES OF HOT WATER BOILERS

Sergeeva Anna Valerievna[1], Vlasova Alena Yuryevna[2]
[1,2]Kazan state power engineering university, Kazan
[1]sergeevaanna25@gmail.com, [2]vlasovaay@mail.ru

The article deals with the issue of solid deposits on the inner surfaces of the tubes of hot water boilers. A number of main factors that influence the formation of deposits are given.

Keywords: deposits, formation, factors, hot water boiler, water.

В процессе эксплуатации водогрейных котлов на внутренних поверхностях трубок образуются отложения. При регулируемом водном режиме отложения скапливаются в основном оксидами железа. При нарушении водного режима и использовании некачественной воды или сточных вод энергетических котлов для сетей электроснабжения в осадках могут содержаться (в количестве от 5 до 20 %) соли жесткости (карбонаты), соединения кремния, меди, фосфаты. Отложения и коррозионный слой повышают потребление топлива, снижают надежность, эффективность и работоспособность оборудования и трубопроводов. Образовавшиеся отложения (рис. 1) могут повлиять на скорость образования коррозии, полностью останавливать работу системы, вызывать засоры и приводить к локальным перегревам, возгоранию и разрыву котлов и труб.

Природные воды, поверхностные воды (из рек, озер, прудов и др.) в растворенном, коллоидном и сбалансированном состоянии для водоснабжения объектов энергетики Содержание газов, различных примесей и растворенных веществ в этих водах может быть снижено на единицу или другой способ предварительной очистки воды.

Выделяют три основные формы отложений в теплоэнергетическом оборудовании: первичная и вторичная накипь, продукты коррозии металлов.

В первом случае – отложения образуются непосредственно на поверхности нагрева. Во втором – крупные частицы, находящиеся в объеме воды (шлама) или принесенные из подачи в теплообменник, которые в дальнейшем оседают и прилипают к поверхности металла, и появляются обычно при малых скоростях воды и малых термических напряжениях. И в третьем – образуют либо первую накипь, которая состоит из оксидов железа или меди, либо входят в состав вторичных накипей (см. рисунок).

Твердые отложения на внутренней поверхности трубы

Образования в виде накипи или шлама – сложный физико-химический процесс кристаллизации, в результате которого происходит выделение твердой фазы из многокомпонентных пересыщенных растворов. Твердая фаза состоит из трех основных стадий:

1. Достижение состояния перенасыщения накипеобразующих солей в воде.

2. Формирование центров кристаллизации.

3. Рост кристаллов.

Состав природных вод влияет на структуру отложений, водно-химическим режимом, поверхностной тепловой нагрузкой и интенсивностью циркуляции вод. Классификация отложений по химическому составу:

а) отложения щелочноземельных металлов, содержащие $CaCO_3$, $CaSO_4$, $CaSiO_3$, $Ca_3(PO_4)_2$, $Mg_3(PO4)_2$, $MgO \cdot Mg(OH)_2$, $5CaO \cdot 5SiO_2 \cdot H_2O$. В зависимости от 9 преобладающего аниона они разделяются на карбонатные, сульфатные, фосфатные и силикатные;

б) железоокисные (содержащие 70–90 % окислов железа – обычно смесь двух кристаллических фаз: магнетита Fe_3O_4 и гематита – Fe_2O_3 с сопутствующими примесями) и железофосфатные [$NaFePO_4$, $Fe_3(PO_4)_2$];

в) медные – 30 % и более процентов меди в виде металла и оксидов с примесями оксидов железа, соединений кальция и магния.

Карбонат кальция – это наиболее часто встречающийся форма отложений. Он может встречаться в трех кристаллических модификациях: термостабильный кальцит, метастабильный арагонит и ватерит. В осадках преобладают кальцит и арагонит, редко ватерит. Основной причиной образования карбонатов в тепловых сетях является термическое разложение бикарбонатов, которое может происходить только при наличии в них растворенного в воде свободного углекислого газа, количество которого зависит от давления углекислого газа над поверхностью воды и водой. температура воды. Образование сульфатной накипи является следствием понижения растворимости сульфата кальция с увеличением температуры, которое характерно для опреснительных и теплообменных аппаратов, использующих нагрев морской и высокоминерализованной воды (термические опреснители, выпарные установки, конденсаторы). Сульфатную накипь труднее всего растворить и чрезвычайно трудно предотвратить. Он существует в трех формах: ангидрит $CaSO_4$ (малораство-римый), полугидрат $CaSO_4$ $1/2H_2O$ и гипс $CaSO_4$ $2H_2O$. Образование пузырьков в воде, соприкасающейся с основанием круглой формы со стенками поверхности теплообмена, способствует осаждению частиц и их кристаллизации. пены и испарения из нее жидкости и, таким образом, образования микроскопического слоя твердых частиц на поверхности.

Силикатные отложения различного минералогического состава ($CaSiO_3$, $5CaO$ $5SiO_2$ H_2O, $3Mg$ $2SiO_2$ H_2O, Na_2O Fe_2O_3 SiO_2 и др.) образуют комковатые, пористые и плотные отложения. Водный кремнезем в виде коллоидного $SiO_2 \cdot H_2O$ или поликремниевой кислоты $xSiO_2 \cdot yH_2O$ транспортируется и переоткладывается или взаимодействует, а затем откладывается в больших масштабах. Их состав составляют магнетит Fe_3O_4, гематит Fe_2O_3, вюстит FeO и гетит $FeO(OH)$, поверхность гладкая плотная или шероховатая, бугристая или пористая, иногда более рыхлая черная, темно-серая, серо-бурая, темно-коричневая, темно-коричневый,

охристо-зеленый цвет. Образование оксидов железа на внутренних поверхностях оборудования обусловлено процессами коррозии металлов и осаждением оксидов железа в котловой воде на нагретых поверхностях

Коррозия металлов – это процесс самопроизвольного окисления металлов в результате химического или электрохимического взаимодействия с водной средой, происходящий непрерывно и с разной скоростью в зависимости от изменяющихся условий.

Заключение

В ходе проведения анализа было выявлено, что твердые отложения в трубках водогрейных котлов состоят в основном из таких соединений, как: щелочноземельных металлов, железоокисные и медные. Их состав может меняться в результате воздействия, либо изменения сред, как водно-химического режима, так и качества воды в целом.

Источники

1. Зимняков А.М., Наумов Р.В. Анализ химических отложений теплового оборудования и способы их очистки // Известия ПГПУ им. В.Г. Белинского. 2010. Т. 21, № 17. С. 104–108

2. Chemical analysis of industrial scale deposits by combined use of correlation coefficients with emission line detection of laser induced breakdown spectroscopy spectra / P. Siozos [et al.] // Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy. 2013. Vol. 87. Pp. 86–91.

3. Закономерности накипеобразования в водогрейном оборудовании систем теплоснабжения (обзор) / Ю.В. Балабан-Ирменин [и др.] // Энергосбережение и водоподготовка. 2004. Т. 30, № 3. С. 10–16.

4. Егоров-Тисменко Ю.К. Кристаллография и кристаллохимия: учеб. / под ред. академика В.С. Урусова. М.: КДУ, 2005. 592 с.

УДК 546.11

СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА В СИСТЕМАХ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ЭЛЕКТРО- И ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Софронова Татьяна Михайловна[1], Ахметьянова Гузель Илгамовна[2],
Закиров Ринат Нургалиевич[3]
[1,2,3] ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]tanya-sofronova@bk.ru, [2]ahmetyanova.guzel01@mail.ru, [3]zakirov.kgeu@mail.ru

В статье рассмотрены возможности получения водорода из природного газа и методом электролиза из воды, в топливных элементах в системах децентрализованного электро- и теплоснабжения. Достоинства и недостатки различных способов использования водорода в энергетике ЖКХ. Определение факторов ограничивающих применение водорода в энергетике ЖКХ. Выбор одного из направлений использования водорода в энергетике ЖКХ в качестве основного. Повышение эффективности применения водорода в топливных элементах.

Ключевые слова: энергия, водородная энергетика, водород.

APPLICATION OF HYDROGEN IN SYSTEMS OF DECENTRALIZED ELECTRICITY AND HEAT SUPPLY

Sofronova Tatyana Mikhailovna[1], Akhmetyanova Guzel Ilgamovna[2],
Zakirov Rinat Nurgalievich[3]
[1,2,3]Kazan state power engineering university, Kazan
[1]tanya-sofronova@bk.ru, [2]ahmetyanova.guzel01@mail.ru, [3]zakirov.kgeu@mail.ru

The article considers the possibilities of using hydrogen produced on the basis of natural gas in fuel cells in systems of decentralized electricity and heat supply. Advantages and disadvantages of various ways of using hydrogen in the energy sector of housing and communal services. Determination of factors limiting the use of hydrogen in the energy sector of housing and communal services. The choice of one of the areas of hydrogen use in the energy sector of housing and communal services as the main one. Improving the efficiency of using hydrogen in fuel cells.

Keywords: energy, hydrogen energy, hydrogen.

Водород (H_2) – более действенный метод скопления энергии, кроме того он является самым экологически чистым энергоносителем. Производство водорода может быть обеспечено на базе широкого круга энергоресурсов, включая возобновляемые источники энергии. Водород может производиться как на крупных централизованных установках, так и в условиях децентрализованного энергоснабжения [1].

Одним из альтернативных способов получения энергоэлемента является водородная энергетика. На нынешний момент нет отчетливого экономически выгодного механизма ее получения. Впрочем, учеными проводятся активные разработки вариантов добычи водородного топлива. Основные проблемы водородной энергетики заключаются в том, что получение вещества сопряжено с необходимостью траты иных энергоносителей (нефть, электричество, газ), а также высокой угрозой образования взрывов.

Преимуществами водородной энергетики считается преодоление проблемы на пути к получению альтернативного источника энергии, ученые побуждают высочайшие эксплуатационные и технологические характеристики энергоэлемента [4]. Имея невысокий показатель вязкости, водород без проблем транспортируется по трубам. Его можно хранить в сжиженном, газообразном состоянии. Он довольно легок, срок хранения продолжительный.

Современные технологии водородной энергетики дают возможность получать высококачественный топливный материал с высочайшим коэффициентом теплоотдачи. С легкостью этот энергоноситель можно использовать, как в промышленном производстве, так еще и для отопления жилых зданий. Безопасен он для окружающей среды, не токсичен. Кроме того, водород содержит большущий потенциал для применения его в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания, потому что содержит огромную эффективность, чем бензин или же дизельное топливо. При нагреве водород сжигается, но при этом не выделяет диоксид углерода (CO_2). В соответствии с этим водород меньше загрязняет атмосферу [3].

Водород считается уникальным энергоносителем, но население земли не содержит на техническом уровне идеальных методик его беспроблемной добычи.

Одним из главных факторов сдерживающих развития водородной энергетики являются проблемы хранения и транспорта водорода. Обладая высокой летучестью, газообразный водород требует для своего хранения баллоны и трубопроводы из специальных материалов, стоимость которых пока достаточна высока. Эффективность применения децентрализованных систем энергоснабжения зависит от 3-х факторов: цены энергии от централизованного источника, стоимости энергоресурсов, применяемых для производства электро- и теплоэнергии в установках децентрализованного энергоснабжения, и стоимости технологии для децентрализованного энергоснабжения.

Способ получения водорода с помощью конверсии метана с водородсодержащем газом, в котором в качестве источника сырья используют метансодержащий газ, проводят его адиабатическое окисление в каталитической реакции парциального окисления водяным паром и кислородсодержащим газом, перед смешением с метансодержащим газом и кислородсодержащим газом проводят электрический перегрев водяного пара до температуры 750–950 °С [5]. Во время получения электролиза образуются газообразные водород и хлор, которые выделяются из электролита и собираются в единое вещество. Главным достоинствам получения водорода с помощью метана является невысокая цена, а недостатком – меньшая доступность газов для потребления, сложность конструкции [2].

Источники

1. Водород в энергетике [Электронный ресурс]. URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/30843/1/978-5-7996-1316-7.pdf (дата обращения: 29.10.2022).

2. Достоинства и недостатки моно- и биполярных электролизов [Электронный ресурс]. URL: https://studfile.net/preview/7134352/page:3/ (дата обращения: 05.11.2022).

3. Ефремов А.А., Дудолин А.Н. Анализ зарубежного опыта в части построения энергетической структуры ТЭС твердых коммунальных отходов // Вестник Казанского энергетического университета. 2021. № 2 (50). С. 3–14.

4. Плетнев М.А., Копысов А.Н. Социально-экономические проблемы развития водородной энергетики // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 23, № 2. С. 37–43.

5. Способы конверсии метана [Электронный ресурс]. URL: https://patents.google.com/patent/RU2571147C1/ru (дата обращения: 03.11.2022).

УДК 621.311.22

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТЭЦ

Афанасьев Владимир Васильевич[1], Ковалев Владимир Геннадьевич[2],
Тарасов Владимир Александрович[3], Туманов Юрий Альбертович[4]
[1,2,3,4]ФГБОУ ВО «ЧувГУ им. И.Н.Ульянова», г. Чебоксары
[1]avvteo@mail.ru, [2] kovenerqy@mail.ru, [3]volodtar@yandex.ru, [4]ytumanov1959@qmail.com

Показана возможность повышения эффективности работы ТЭЦ за счет снижения температуры циркуляционной воды и давления в конденсаторе до нормативных значений применением теплового насоса в системе градирня-конденсатор. Проведены расчеты потери мощности и изменения давления в конденсаторе для турбины ПТ-80/100-130/13. Получены зависимости потери мощности и расхода условного топлива от превышения температуры обратной сетевой воды над нормативным значением.

Ключевые слова: система оборотного охлаждения, паровая турбина, конденсатор, тепловой насос, расход условного топлива, энергоэффективность.

TO THE QUESTION OF INCREASING THE EFFICIENCY OF CHPP OPERATION

Afanasiev Vladimir Vasilievich[1], Kovalev Vladimir Gennadievich[2],
Tarasov Vladimir Alexandrovich[3], Tumanov Yury Albertovich[4]
[1,2,3,4]Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
“ChuvGU named after I.N. Ulyanova, Cheboksary
[1]avvteo@mail.ru, [2] kovenerqy@mail.ru, [3]volodtar@yandex.ru, [4]ytumanov1959@qmail.com

The possibility of increasing the efficiency of the CHPP by reducing the temperature of the circulating water and the pressure in the condenser to the standard values by using a heat pump in the cooling tower-condenser system is shown. Calculations of power loss and pressure change in the condenser for the turbine PT-80/100-130/13 were carried out. Dependences of power loss and standard fuel consumption on the excess of the temperature of the return network water over the standard value are obtained.

Key words: circulating cooling system, steam turbine, condenser, heat pump, reference fuel consumption, energy efficiency.

Экономическая эффективность работы ТЭЦ в конденсационном режиме во многом определяется давлением в конденсаторе, которая в свою очередь зависит от температуры охлаждающей воды в системе градирня-конденсатор. Одним из перспективных направлений повышения эффективности оборотной системы охлаждения является применение тепловых насосов (ТН) в составе ТЭЦ.

Целью работы является повышение эффективности работы ТЭЦ за счет поддержания вакуума нормативного значения в конденсаторе паровой турбины с использованием ТН в системе охлаждения циркуляционной воды.

С увеличением температуры наружного воздуха из-за повышения давления в конденсаторе происходит потеря мощности турбоагрегата. Графики потерь электрической мощности $\Delta N_э$ турбоагрегата ПТ-80/100-130/13 от давления в конденсаторе при различных расходах пара приведены в РД 34.30.703, которые для удобства расчета можно представить в виде следующего полинома:

$$\Delta N_э = D_к \cdot (-8{,}419 + 92{,}4152 \cdot P_к + 1131{,}696 \cdot P_к^2),$$

где $D_к$ – расход пара в конденсатор, т/ч; $P_к$ – давление в конденсаторе, кгс/см^2.

Проведем оценку потерь мощности турбоагрегата ПТ-80/100-130/13 с конденсатором 80-КЦС-1 и градирней БГ-3200 для характерного режима его работы при постоянной тепловой нагрузке на ГВС 50 Гкал/ч, производственном отборе 32 т/ч и расходе свежего пара 320 т/ч в зависимости от температуры охлаждающей воды. Расчеты показывают, что с увеличением температуры охлаждающей воды до 33 °С давление в конденсаторе повышается до предельного значения $P_к$ = 12 кПа, установленного заводом изготовителем, а потери мощности турбоагрегата достигают $\Delta N_э$ = 3,3 МВт [1, 2]. Поэтому с дальнейшим увеличением температуры воды для поддержания давления в конденсаторе не выше 12 кПа, необходимо снижать расход свежего пара, что приводит к дополнительному резкому снижению мощности турбины. Так, например, при температуре охлаждающей жидкости 38 °С и расходе свежего пара 260 т/ч потери мощности достигают до 17 МВт, а расход условного топлива может увеличиться до 450 г/кВт и более, что снижает эффективность работы ТЭЦ и ее конкурентоспособность на рынке электрической энергии и мощности.

Поэтому наиболее оптимальным, для поддержания мощности турбины на уровне номинального значения, является снижение температуры охлаждающей воды на 5–6 °С, например, с помощью ТН [1–3]. Основным критерием при выборе ТН является охлаждение циркуляционной воды с расходом до 8000 м^3/ч до температуры, обеспечивающей нормативное значение вакуума конденсатора. Это можно обеспечить за счет использования двух абсорбционных бромисто-литиевых тепловых насосов

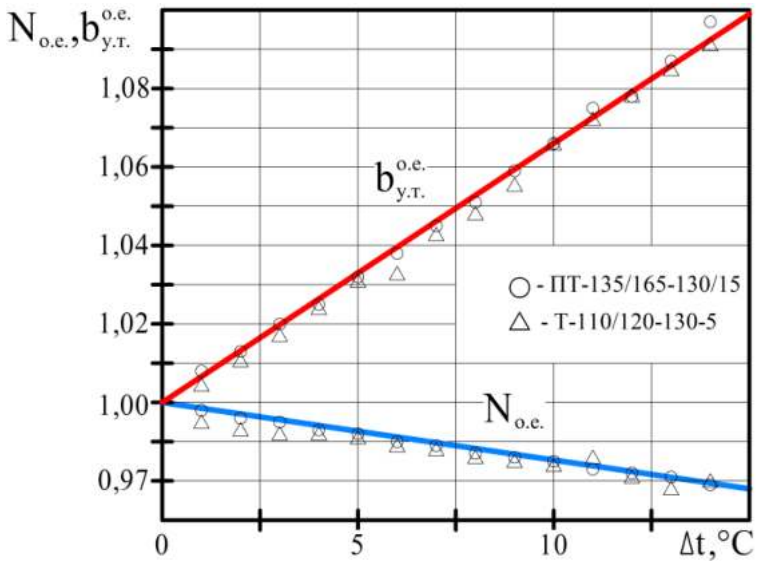
XRI8-35/30-2326(65/90), каждый из которых предназначен для охлаждения воды на 10 °С с расходом до 1507 т/ч и одновременного нагрева воды на 25 °С с расходом до 800 т/ч. Для работы ТН предусматривается использование насыщенного пара с давлением 0,8 МПа с температурой до 180 °С и рас-ходом 21,8 т/ч, который можно получить впрыском питательной воды из 3 ступени в пар от РУ-13/8.

В тепловой схеме предусмотрено также подогрев паровым конден-сатом от ТН исходной водопроводной воды до 30 °С с расходом до 800 т/ч перед ХВО с помощью пластинчатого теплообменника. Конденсат после теплообменника возвращается в цикл станции. Прямая сетевая вода на ГВС в количестве до 50 Гкал/ч готовится не в сетевом подогревателе, а в ТН, что позволяет исключить отбор пара с теплофикационных отборов тур-бины.

Расчеты показывают, что с использованием ТН номинальная мощность турбоагрегата (80МВт) обеспечивается при расходе свежего пара на 20 т/ч меньше, чем без ТН. При постоянном расходе свежего пара повышение температуры воздуха вплоть до 32 °С приводит к увеличению давления в конденсаторе до предельного значения 12 кПа. С дальнейшим повышением температуры воздуха до 35 °С для сохранения давления в конденсаторе на уровне 12 кПа необходимо уменьшать расход свежего пара, что приводит к значительной потери мощности турбины. Однако такие температуры воздуха в средней полосе России практически не наблюдаются, что подтверждается многолетними данными наблюдений за среднедневной температурой окружающего воздуха.

Для дальнейшего повышения технико-экономических показателей работы ТЭЦ, в тепловой схеме можно предусмотреть круглогодичное использование ТН, например, за счет охлаждения обратной сетевой воды в отопительный период, которая в большинстве ТЭЦ завышена на 5÷15 °С [4, 5].

Относительные изменения электрической мощности и удельного расхода топлива в зависимости от превышения температуры обратной сетевой воды, для наиболее распространенных на ТЭЦ турбин типа ПТ и Т, приведены на рисунке. В качестве нормирующей величины взяты мощность и расход условного топлива при нормативном значении температуры обратной сетевой воды. Из рисунка легко определить потерю электрической мощности и перерасход условного топлива от превышения температуры обратной сетевой воды.



Относительные изменения электрической мощности и удельного расхода топлива в зависимости от превышения температуры обратной сетевой воды над температурным графиком

Приведенные результаты показывают, что для повышения эффективности работы ТЭЦ необходимо снижать температуру обратной сетевой воды до нормативных значений. Это можно осуществить, например, за счет нагрева сырой воды от обратного трубопровода, охлаждения конденсаторов одной или нескольких турбин обратной сетевой водой с последующей ее подачей в сетевые подогреватели, применения ТН. Однако вышеперечисленные мероприятия хотя и позволяют повысить эффективность производства электрической и тепловой энергии на ТЭЦ, но не позволяет повысить эффективность транспортировки и распределения тепловой энергии потребителям. Поэтому наиболее эффективны технологии снижения температуры обратной сетевой воды, возвращаемой потребителями на ТЭЦ.

Источники

1. О возможности повышения эффективности работы ТЭЦ за счет использования теплового насоса / В.В. Афанасьев [и др.] // Промышленная энергетика. 2022. № 8. С. 43–48.

2. Туманов Ю.А., Зубов А.И., Афанасьев В.В. Исследование возможности применения теплового насосов в составе ТЭЦ для повышения эффективности ее работы // Проблемы и перспективы развития энергетики, электротехники и энергоэффективности: матер. IV Междунар. науч.-техн. конф. Чебоксары, 2020. С. 160–165.

3. Трещева М.А., Аникина И.Д., Трещев Д.А. Обоснование мощности теплового насоса, используемого в системе охлаждения конденсатора паровой турбины ПГУ-ТЭЦ // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 1. С. 61–73.

4. Губин В.Е., Матвеев А.С. Совершенствование схем отпуска тепла от ТЭЦ с учетом влияния внешних факторов // Известия Томского политехнического университета. 2005. Т. 308, № 5. С. 148–151.

5. Повышение эффективности работы ТЭЦ за счет снижения температуры обратной сетевой воды / В.В. Афанасьев [и др.] // Проблемы и перспективы развития энергетики, электротехники и энергоэффективности: матер. V Междунар. науч.-техн. конф. Чебоксары, 2021. С. 146–156.

УДК 621.365

ВОЗМОЖНОСТИ ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ ГАЗИФИКАЦИИ ТВЕРДЫХ ТОПЛИВ

Ковалев Владимир Геннадьевич[1], Афанасьев Владимир Васильевич[2],
Тарасов Владимир Александрович[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «ЧувГУ им. И.Н.Ульянова», г. Чебоксары
[1]kovenerqy@ mail.ru, [2]avvteo@mail.ru, [3]volodtar@yandex.ru,

Исследованы возможности применения электрошлаковой газификации твердых топлив в электродных установках, которая позволяет использовать дешевую электрическую энергию ночных минимумов для выработки высококачественного синтез-газа и получения углевосстановительными процессами ферросплавов из оксидов сырья и добавляемых рудных материалов.

Ключевые слова: электрошлаковая газификация, восстановительные процессы, высококачественный синтез-газ, комплексное использование сырья, потребитель-регулятор

POSSIBILITIES OF ELECTROSLAG GASIFICATION OF SOLID FUELS

Afanasiev Vladimir Vasilievich[1], Kovalev Vladimir Gennadievich[2],
Tarasov Vladimir Alexandrovich[3]
[1,2,3]Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
“ChuvGU named after I.N. Ulyanova, Cheboksary
[1]avvteo@mail.ru, [2] kovenerqy@mail.ru, [3]volodtar@yandex.ru, [4]ytumanov1959@qmail.com

The possibilities of using electroslag gasification of solid fuels in electrode installations, which makes it possible to use cheap electric energy of night minima for the production of high-quality synthesis gas and the production of ferroalloys from oxides of raw materials and added ore materials by coal reduction processes, have been studied.

Keywords: electroslag gasification, reduction processes, high-quality synthesis gas, complex use of raw materials, consumer-regulator.

Применение твердых топлив для производства электроэнергии ограничивается невозможностью их использования в газопоршневых, газотурбинных и парогазовых установках в децентрализованной теплофикационной энергетике. При сжигании угля в атмосферу выбрасываются оксиды серы, золы уноса, образуются золошлаки, что является серьезной экологической проблемой.

Весьма актуальной задачей является создание технологий переработки твердых углеродосодержащих материалов, включая местные виды низкосортных твердых топлив и отходов, в газообразное топливо с высокой энергетической и экологической эффективностью. Это требует разработки энергоэффективных технологий использования этих энергоносителей не только для генерации тепловой и электрической энергии, но и для производства синтетических углеводородных жидких и газообразных продуктов.

Технологии газификации твердых топлив могут быть автотермическими, аллотермическими или комбинированными, каждая технология обладает определенными преимуществами и недостатками [1–3].

Автотермические технологии обходятся без подвода энергоносителей, однако до 30 % газифицируемого топлива расходуется на поддержание температуры процесса, продукты газификации при использовании в качестве окислителя воздуха содержат балластный азот, это снижает энергетическую ценность получаемого синтез-газа и ухудшает технико-экономические показатели технологии. Устранение этого недостатка возможно с применением кислородного дутья, но и в этом случае остаются ограничения по морфологическому составу перерабатываемых видов топлив.

Для аллотермических технологий требуется подвод энергоносителя, обеспечивающего высокую температуру для интенсификации процессов, но при этом можно получить состоящий из оксида углерода и водорода синтез газа с минимальным содержанием углекислого газа, водяного пара и азота. Аллотермические технологии позволяют вести переработку любых твердых топлив и отходов при достижении высоких температур (более 2000 К), обеспечивающих разложение всех органических компонентов (смол, диоксинов, фуранов) до водорода, оксидов углерода и водяных паров. Аллотермические установки позволяют вести процессы при различных давлениях и химическом составе рабочей среды.

В настоящее время известны два направления аллотермической газификации твердых видов топлив: плазменная и электрошлаковая [1, 2]. Температура в рабочем пространстве плазменных установок достаточна для разрушения любых супертоксикантов и смолистых веществ, однако такая температура может быть достигнута и в электродных установках дугового и резистивного нагрева при меньшем расходе электроэнергии. Плазменные установки имеют низкую стойкость электродов плазмотронов, перерывы в электроснабжении вызывают нарушение процесса с образованием настыли и невозможностью слива шлакового расплава.

Комбинированная электрошлаковая технология совмещает аллотермические и автотермические процессы, что позволяет гибко управлять газификацией, обеспечивать высокую температуру в реакционной зоне и проводить окислительные и восстановительные процессы при различном потреблении электрической энергии в разное время суток, не допуская выхода режимов процесса за допустимые пределы. Появляется возможность использования газификатора как регулятора мощности в энергосистеме, снижая потребление электроэнергии в часы пик, и восстанавливать оксиды в шлаковом расплаве с получением ферросплавов при повышении температуры введением дополнительной электрической энергии в часы ночного минимума электропотребления [6]. При резистивном нагреве в электродных печах вследствие их большой тепловой инерции возможно существенное снижение потребляемой мощности в часы пик, перебои в электроснабжении не приводят к нарушению процесса. Электрошлаковые газификаторы на основе конструкций герметичных РВП для производства фосфора допускают существенное снижение потребляемой из сети мощности и перерыв в электроснабжении на несколько часов, позволяют перерабатывать любые твердые топлива, в том числе твердые отходы, с возможностью их глубокой переработки и восстановления оксидов с получением металлических сплавов, стройматериалов и удобрений из шлаков [3–6]. Электротермические газификаторы как источник восстановительного газа могут быть использованы в металлургических комплексах прямого восстановления окатышей и получения стали, ферросплавов, а также для производства твердых восстановителей – полукоксика или древесного угля. Они могут применяться в бескоксовой металлургии и для получения чистого водорода.

Теоретические и экспериментальные исследования позволили определить технологические характеристики электротермической газификации различных видов твердого топлива, а также рассчитать основные параметры электротермических газификаторов различной мощности при использовании водяного пара, газообразного кислорода и кислорода, содержащегося в рудах [3–6].

При газификации паром синтез-газ может содержать до 56 % водорода и 43% оксида углерода, при газификации паром и кислородом – до 45% водорода и 54% оксида углерода, при газификации кислородом – до 28 % водорода и 71% оксида углерода.

Плазменная технология целесообразна для утилизации высотоксичных отходов (медицинских, промышленных в сравнительно небольших объемах).

Технологические характеристики паровой газификации твердого топлива на 1 МВт электрической мощности газификатора

Показатель	Торф	Бурый уголь	Каменный уголь
Низшая теплота сгорания твердого топлива, МДж/кг	12,52	13,06	23,53
Удельный расход газифицирующего пара, кг/кг	0,298	0,421	0,814
Удельный расход электроэнергии на газификацию, МДж/кг	5,637	5,076	7,26
Расход топлива на 1МВт электрической мощности, кг	638	709	495
Выход газа, $нм^3$	919	1081	1294
Общий энергетический потенциал газов, ГДж	11,7	13,77	16,47
Тепловая мощность при сжигании газа, кВт	2912	3424	4098
Тепловая мощность при сжигании газа, Гкал/час	2504	2945	3524
Электрическая мощность когенерационной установки, кВт	1164	1369	1639
Тепловая мощность мощность когенерационной установки, кВт	1456	1712	2049

Для энергетических, металлургических и химических технологий предпочтительней электрошлаковая газификация в герметичной электродной печи.

Источники

1. Мессерле В.Е., Устименко А.Б. Плазмохимические технологии переработки топлив // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2012. Т. 55, вып. 4. С. 30–34.

2. Электротермическая газификация твердых топлив / В.В. Афанасьев [и др.] // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1. URL: http//:www.science-education.ru/125-19836 (дата обращения: 21.10.2022).

3. Афанасьев В.В., Ковалев В.Г., Тарасов В.А. Исследование процессов энерготехнологической переработки низкосортных твердых топлив путем газификации // Образование и наука в России и за рубежом. 2020. № 3 (67). С. 225–236.

4. Исследование электрических режимов электротехнологического газификатора / В.В. Афанасьев [и др.] // Вестник Чувашского университета. 2013. № 3. С. 169–176.

5. Афанасьев В.В., Ковалев В.Г., Тарасов В.А. Выбор схем питания установок электротермической газификации твердых топлив // Электротехника. 2020. № 8. С. 17–22.

6. Афанасьев В.В., Ковалев В.Г., Тарасов В.А. Энерготехнологические комплексы как регуляторы работы электроэнергетических систем // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2019. Т. 21, № 5. С. 50–58.

УДК: 621.352.6

ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Тарасова Мария Владимировна[1], Закиров Ринат Нургалиевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]mv_tarasova@bk.ru, [2]zakirov.kgeu@mail.ru

В статье проанализирована научно-техническая информация о работе экологически чистых топливных элементов, приведены их виды и сравнение, изучен практический опыт внедрения топливных элементов. Представленный сравнительный анализ позволит предложить способ генерации электрической энергии на промышленных предприятиях.

Ключевые слова: топливный элемент, электрохимический генератор, электрохимическая реакция, электрическая энергия, гибридная энергоустановка, генерация.

FUEL CELLS FOR GENERATION OF ELECTRIC POWER IN AN INDUSTRIAL ENTERPRISE

Tarasova Maria Vladimirovna[1], Zakirov Rinat Nurgalievich[2]
[1,2]Kazan state power engineering university, Kazan
[1]mv_tarasova@bk.ru, [2]zakirov.kgeu@mail.ru

The article analyzes scientific and technical information about the operation of environmentally friendly fuel cells, their types and comparison are given, practical experience in the introduction of fuel cells is studied. The presented comparative analysis will allow us to propose a method for generating electrical energy in industrial enterprises.

Keywords: fuel cell, electrochemical generator, electrochemical reaction, electric energy, hybrid power plant, generation.

В настоящее время в мире остро стоит проблема экологической составляющей энергетической системы. Большинство стран уже активно ведут политику декарбонизации. Популярность набирает водородная энергетика, использующая химическую энергию топлива методом обратного электролиза. Катализатор на аноде разделяет водород на протоны и электроны, а кислород направляется через электролит к аноду, где соединяется с водородом, образуя воду. Реакция сопровождается выделением тепла и электроэнергии. Данный метод используется и на электростанциях. Именно поэтому тема по изучению топливных элементов является актуальной.

Можно отметить 8 видов топливных элементов.

Характеристики топливных элементов

Мощность	Ресурс, ч	Температура, °С	КПД, %	Тип топлива	Материал	
					Анод	Катод
Твердополимерный						
~100 кВт	До 20 000	30–100	35–50	Чистый водород	Pt/C, Pt–Ru/C	Pt/C
Щелочной						
~100 кВт	До 10 000	50–200	40–65	Чистый водород	Pt/C, Pt–Co/C, Pt–Pd/C	Ni (Pt)
Фосфорно-кислотный						
~200 кВт	До 50 000	100–220	35–40	Чистый водород	Pt/C, Pt–Ru/C	Pt/C, Pt-WO_3/C
На расплаве карбоната						
Более 1 МВт	До 20 000	550–700	50–70	Углеводородное топливо	Ni–Al, Ni–Cr	$LiFeO_2$
С окислением метанола						
~1 кВт	5–20	20–90	20–30	Метанол	Pt–Ru	Pt
Полимерный электролитный						
~250 кВт	До 20 000	30–100	35–50	Чистый водород	Pt/C, Pt–Ru/C, Ni (Pt), Co (Pt)	Pt
Твердокислотный						
~250 кВт	До 20 000	200–300	до 50	Углеводородное топливо	Pt/Ru	Pt
Твердооксидный						
более 1 МВт	До 60 000	450–1000	45–70	Углеводородное топливо	Ni, NiO	$LaSrMnO_3$

1. Твердополимерный. Электролит – твердополимерная мембрана. Используется в транспорте. Автомобиль на водороде – Toyota Mirai 2014.

2. Щелочной. Электролит – щелочь (KOH, NaOH). Используется в космических кораблях. НАСА использует щелочные топливные элементы с середины 60-х годов, в серии аппаратов Аполлон и Спейс Шаттл [1].

3. Фосфорно-кислотный. Электролит – фосфорная кислота (H_3HO_4). Используется в средних стационарных установках. Наиболее известной является система ONSI PC25 фирмы UTS Fuel Cells [2].

4. На расплаве карбоната. Электролит – смесь расплавленных карбонатных солей ($LiKCO_3$, $LiNaCO_3$). Используются в средних и больших стационарных установках. Промышленно выпускаются теплоэнергетические установки с выходной электрической мощностью 2,8 МВт [3].

5. С прямым окислением метанола. Электролит – протоннообменная мембрана. Применяют в области питания техники. «Toshiba» в 2003 году продемонстрировала портативное устройство с мощностью 100мВт [4].

6. Полимерный электролитный. Электролит – полимерная мембрана. Используются в транспорте, небольших установках.

7. Твердокислотный. Электролит – дигидрофосфат цезия (CsH_2PO_4). В топливном элементе расположен очень тонкий слой твердокислотного компаунда между двумя плотно сжатыми электродами [3].

8. Твердооксидный. Электролит – мембрана из твёрдого оксида (ZrO_2, CeO_2, Y_2O_3). В качестве топлива используются различные газы, которые можно применить в газотурбинной или газопоршневой установке.

Одна из электростанций – установка мощностью 19,8 МВт – расположена в Хвасунге. В новых установках используются твердооксидные топливные элементы [5]. До крупномасштабного производства энергоустановок в России дело пока не дошло. Для выработки электроэнергии на предприятии целесообразнее использовать гибридные установки с высокотемпературными топливными элементами, наиболее подходят твердооксидные. Они имеют высокий КПД, экологичны, но обладают высокой стоимостью (~ 5 тыс. руб. за кВт) и низким сроком службы.

Таким образом, если перед предприятием стоит задача снизить выбросы вредных веществ, то гибридные установки с топливными элементами является наилучшим выбором. Но как правило, предприятия при выборе установки, к сожалению, в первую очередь обращают внимание срок окупаемости проекта.

Источники

1. Дальков А.В. Топливные элементы // Актуальные проблемы энергетики: тез. докл. СНТК-69. Минск, 2014. С.195–199.

2. Твердооксидные топливные элементы: проблемы, пути решения, перспективы развития и коммерциализации: аналитический обзор. М., 2015. 21 с.

3. Топливные элементы. Устройство, виды, принцип действия топливных элементов [Электронный ресурс]. URL: https://eti.su/articles/over/over_1544.html (дата обращения: 19.10.2022).

4. Топливный элемент как альтернатива «альтернативной» энергетики [Электронный ресурс]. URL: https://eneca.ru/novosti/energetika-i-energoeffektivnost/toplivnyy-element-kak-alternativa-alternativnoy-energetiki (дата обращения: 19.10.2022).

5. Новые электростанции на топливных элементах [Электронный ресурс]. URL: https://leg.co.ua/stati/novye-elektrostancii-na-toplivnyh-elementah.html (дата обращения: 05.09.2022).

УДК 621-313.3

СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ЗДАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Усманов Ренат Раилевич[1], Закиров Ринат Нургалиевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]monster_beats2016@mail.ru, [2]zakirov.kgeu@mail.ru

Рассмотрены возможности энергоснабжения зданий с применением топливных элементов. Имеется мировой опыт использования топливных элементов энергоснабжения зданий. Показано преимущество применения для энергоснабжения зданий ТЭ двух типов: на основе расплавленного карбоната мощностью до 2 МВт и твердотельных оксидных ТЭ мощностью от 250 кВт до 5 МВт.

Ключевые слова: Энергоснабжение зданий, топливные элементы, комбинированные энергоустановки.

DEVELOPMENT OF ENERGY SUPPLY SYSTEMS FOR BUILDINGS USING FUEL CELLS

Usmanov Renat Railevich[1], Zakirov Rinat Nurgalievich[2]
[1,2]Kazan state power engineering university, Kazan
[1]monster_beats2016@mail.ru, [2]zakirov.kgeu@mail.ru

The possibilities of energy supply of buildings using fuel cells are considered. There is a world experience in the use of fuel cells for energy supply of buildings. The advantage of using two types of thermal power plants for power supply of buildings is shown: based on molten carbonate with a capacity of up to 2 MW and solid-state oxide thermal power plants with a capacity of 250 kW to 5 MW.

Keywords: Energy supply of buildings, fuel cells, combined power plants.

Рассмотрены системы энергоснабжения зданий с применением топливных элементов, как более эффективный и надежный способ получения энергии. В настоящее время топливные элементы все активней используются в самых разных областях таких как стационарные электростанции, автономные источники тепло- и электроснабжения зданий. Актуальность энергоснабжения зданий с помощью ТЭ заключается в простоте эксплуатации, экологичности, повышенному КПД в отличие от ДВС, малогабаритность и доступность по топливу, как на чистом водороде так и на смеси природного газа с водородом. Самый главный фактор это экономичность производства электроэнергии и тепловой энергии.

В мировой практике имеется опыт энергоснабжения двух зданий, в которых в качестве одного из источников энергии используются топливные элементы: отель, расположенный в Японии и больница в США. В зданиях отеля и больницы установлены ТЭ номинальной мощностью 100 и 200 кВт соответственно, при этом используется и электрическая, и тепловая энергия. Эти элементы построены на технологии PAFC – элементы с электролитом на основе ортофосфорной кислоты (Phosphoric Acid Fuel Cells, PAFC) [2]. База военно-морской авиации Jacksonville была оснащена топливным элементом PC25 Model C производства United Technologies, Inc. Этот элемент относится к типу PAFC мощностью 200 кВт [5]. Станция на ТЭ мощностью 200 МВт построена компанией Akzo Nobel and Nedstack в Нидерландах [4]. Американская компания FuelCell Energy (http://www.fuelcellenergy.com) представляет на рынке топливные элементы моделей DFC 300A, DFC 1500 и DFC 3000 мощностью соответственно 250, 1 000 и 2 000 кВт, выполненные на основе технологии MCFC [3]. Отель Nagoya Sakae Washington Hotel Plaza (Нагоя, Япония). Использована комбинированная система производства тепловой и электрической энергии на основе ТЭ FP-100 производства Fuji Electric номинальной мощностью 100 кВт [5].

В настоящее время для энергоснабжения зданий возможно применение двух типов ТЭ:

1. Топливные элементы на основе расплавленного карбоната (Molten Carbonate Fuel Cells, MCFC). Топливные элементы на основе расплавленного карбоната требуют значительного времени запуска и не позволяют оперативно регулировать выходную мощность, поэтому основная область их применения – крупные стационарные источники тепловой и электрической энергии мощностью до 2 МВт.

2. Твердотельные оксидные топливные элементы (Solid Oxide Fuel Cells, SOFC). В настоящее время самый большой парк топливных элементов построен на основе технологии PAFC. Такие же особенности, как и у топливных элементов на основе расплавленного карбоната, определяют и сходную область применения – крупные стационарные источники тепловой и электрической энергии. Рыночный сегмент таких элементов – стационарные установки для производства тепловой и электрической энергии мощностью от 250 кВт до 5 МВт [1].

Источники

1. Бродач М.М., Шилкин Н.В. Использование топливных элементов для энергоснабжения зданий // Журнал «АВОК». 2004. № 2. С. 52–61.

2. М.М. Бродач, Н.В. Шилкин. Использование топливных элементов для энергоснабжения зданий. Часть 2 // Журнал «АВОК». 2004. № 3. С. 52–65.

3. Шилкин Н.В. Топливные элементы: интерес проектировщиков возрастает // Журнал «АВОК». 2004. № 7. С. 32–35.

4. Осетрова Н.В., Скундин А.М. Использование топливных элементов в жилищном строительстве // Электрохимическая энергетика. 2005. Т. 6, № 1. С. 30–35.

5. Бродач М.М., Шилкин Н.В. Использование топливных элементов для водоснабжения зданий // Журнал «АВОК». 2014. № 5. С. 55–60.

УДК 621.165

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ ТЕПЛОФИКАЦИОННЫХ ПАРОВЫХ ТУРБИН

Федулов Владимир Сергеевич [1], Евгеньев Игорь Владимирович [2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]vovka_fedulov@mail.ru, [2]evgenev_i@mail.ru

В статье представлены способы повышения экономичности существующих турбоустановок в настоящее время при условиях нарастающего дефицита электроэнергии и массового старения основного оборудования, установленного на электростанциях.

Ключевые слова: теплофикационная паровая турбина, цилиндр турбины ступень турбины, повышение экономичности.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF THERMAL STEAM TURBINES

Fedulov Vladimir Sergeevich[1], Evgeniev Igor Vladimirovich[2]
[1,2]Kazan state power engineering university, Kazan
[1]vovka_fedulov@mail.ru, [2]evgenev_i@mail.ru

The article presents ways to increase the efficiency of existing turbine installations at the present time under conditions of increasing shortage of electricity and mass aging of the main equipment installed at power plants.

Keywords: heating steam turbine, turbine cylinder, turbine stage, efficiency improvement.

Повышения экономичности теплофикационных паровых турбин можно достичь за счет полезного использования тепла отработавшего пара и снижения расхода пара до предельно допустимого значения в части низкого давления и конденсаторе при охлаждении последнего циркуляционной водой [1].

В цилиндрах низкого давления имеются более значительные резервы повышения коэффициент полезного действия турбоустановок, и они максимальны в цилиндр низкого давления теплофикационных паровых турбин, при условиях работы в чисто теплофикационном режиме. В этих режимах цилиндры низкого давления не генерируют полезную мощность, а поглощают ее [2].

Удаление всей последней ступени или только лопаток значительно увеличивает осевое расстояние от оставшейся предпоследней ступени до торцевой стенки трубы, что позволяет рассмотреть возможность использования эффективных кольцевых диффузоров в выхлопной трубе [3].

Есть опыт эксплуатации турбины Т-250/300-240 на ТЭЦ-23 (блок № 5) со снятыми последними ступенями, который не вызывал никаких эксплуатационных проблем в течение всего отопительного сезона [4].

Потери энергии в лопаточных аппаратах цилиндров высокого давления и цилиндрах среднего давления теплофикационных турбин достигли теоретически вероятных минимальных значений. Однако, отдельные ступени этих цилиндров работают в условиях, в которых их сопловые аппараты воспринимают неравномерный в окружном направлении паровой поток. Это характерно для всех ступеней, расположенных после отборов, включая регенеративные отборы пара, а также для первой нерегулируемой ступени турбин с сопловым парораспределением, где несмотря на значительные размеры камеры регулирующей ступени, поддерживается очень высокая окружная неравномерность потока за счет частичной подачи пара в указанную камеру. В результате происходит заметное снижение коэффициент полезного действия не только первой нерегулируемой ступени, но и всего ЦВД турбины. Выравнивая параметры потока в камере ступени управления, можно добиться значительных результатов в повышении коэффициент полезного действия ЦВД. Для выравнивания потока рабочей жидкости, поступающей в сопловой блок первой нерегулируемой ступени турбины, могут быть использованы экраны, применение которых снижает коэффициент неравномерности потока [5].

Повысить экономичность теплофикационной паровой турбины можно за счёт внедрения в них высокоэффективных систем заградительного охлаждения. Комплексное внедрение СЗО с совмещенными системами оперативной диагностики и эксплуатационного температурного контроля лопаточного аппарата и поворотными регулирующими диафрагмами высокой плотности снижает протечки пара на теплофикационных режимах [4].

СЗО поддерживает допустимое тепловое состояние последних ступеней и выхлопных патрубков, а также защищает корневые сечения выходных кромок рабочих лопаток от эрозии на режимах с малым расходом, а в режимах с полностью закрытыми регулирующими диафрагмами уменьшает динамические напряжения в рабочих лопатках последних ступеней [5].

Источники

1. Яковлев Б.В. Повышение эффективности систем теплофикации и теплоснабжения. Минск, 2003. 280 с.

2. Паровые турбины и турбоустановки Уральского турбинного завода / Г.Д. Баринберг [и др.]. Екатеринбург: Априо, 2007. 460 с.

3. Паровые и газовые турбины для электростанций / А.Г. Костюк [и др.]; под ред. А.Г. Костюка. М.: Издательский дом МЭИ, 2008. 556 с.

4. Трухний А.Д., Ломакин Б.В. Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки [Электронный ресурс]: учеб. пособие для вузов // ЭБС «Консультант студента». 2-е изд., стер. М.: МЭИ, 2020. URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383014165.html (дата обращения: 17.10.2022).

5. Беспалов В.И., Беспалова С.У. Турбины тепловых и атомных электростанций. Проект многоступенчатой паровой турбины: учеб. пособие. Томск: Изд-во ТПУ, 2006. 100 с.

УДК 681.58

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАЗЕМНЫХ РОБОТОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ БЕЗАВАРИЙНОЙ РАБОТЫ АЭС

Филимонов Андрей Артемович[1], Камалиева Рузина Фарсиловна[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]vip.jokermigel@mail.ru, [2]rruzzi@yandex.ru

В статье предложена автоматизация контроля работы АЭС с помощью роботов, использующих датчики и камеры для наблюдения за процессом.

Ключевые слова: автоматизация, робот, датчик, АЭС.

USE OF GROUND ROBOTS FOR CONTROL OF NPP SAFE OPERATION

Filimonov Andrey Artemovich[1], Kamalieva Ruzina Farsilovna[2]
[1,2]Kazan state power engineering university, Kazan
[1]vip.jokermigel@mail.ru, [2]rruzzi@yandex.ru

The article proposes automation of NPP operation control with the help of robots using sensors and cameras to monitor the process.

Keywords: automation, robot, sensor, NPP.

Атомные станции (АЭС) – это объекты повышенной опасности. Главный процесс в организации безопасной и надежной работы АЭС являются автоматизированные системы контроля, управления и защиты, например, автоматическое регулирование регенеративных подогревателей, конденсатора, давления в деаэраторе, редукционно-охладительных установок, уровня воды в парогенераторе. Они могут выполнять множество функций [1]. Для этого сконструированы датчики и приборы, автоматизирующие процесс работы.

Еще одним интересным решением является использование наземных роботов для контроля безаварийного функционирования АЭС. Они могут служить для осмотра тепловых и вентиляционных труб и трубопроводов с поиском дефектов, а также осмотра территории во время малой аварийной ситуации на станции, когда персоналу запрещено там находиться; для переноса малогабаритных грузов; осмотра линий электропередач и теплотрасс; также для наблюдения за реактором во время его работы, ремонта или замены в нем топлива. Преимущество беспилотных наземных

аппаратов от установленных на станции датчиков заключается в их способности постоянно менять свое местоположение и оперативно контролировать ситуацию в любое время и почти в любом месте. Наземный робот в online – режиме передает информацию на удаленный пульт управления, на котором персонал может контролировать ситуацию.

Однако роботы не могут быть использованы на «Крупной аварии» (уровень 7) и на «Серьезной аварии» (уровень 6), если на них не установлена дополнительная оболочка из материалов, которые не пропускают радиацию [2].

Данная автоматизированная система способна упростить контроль и управление АЭС в несколько раз, не вынуждая персонал заходить в зоны повышенной опасности и помогая следить за всем дистанционно. Также во время чрезвычайной ситуации роботы могут находиться в очаге происшествия и передавать некоторую информацию, полезную для решения проблемы. Системы автоматического контроля и управления являются важной частью современных АЭС и обеспечивают их надежной и безопасной работой [3].

Источники

1. Атрошенко Ю.К., Иванова Е.В. Автоматизированные системы управления АЭС: учеб. пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. 81 с.

2. НП-071-06. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии. Правила оценки соответствия оборудования, комплектующих, материалов и полуфабрикатов поставляемых на объекты использования атомной энергии [Электронный ресурс]. URL: http://www.niiar.ru/sites/default/files/docsSootvet/np-071-06_0.pdf (дата обращения: 07.10.2022).

3. Дунаев В., Медведовский Е. Системы для автоматического управления, контроля и защиты для АЭС [Электронный ресурс]. URL: https://controlengrussia.com/apparatnye-sredstva/sistemy-avtomaticheskogo-upravleniya-i-kontrolya-dlya-atomny-h-e-lektrostantsij/ (дата обращения: 04.11.2022).

4. Дроны инспекторы для промышленных предприятий: основные направления и модели [Электронный ресурс]. URL: https://integral-russia.ru/2021/12/09/drony-inspektory-dlya-promyshlennyh-predpriyatij-osnovnye-napravleniya-i-modeli/ (дата обращения: 23.10.2022).

5. Ингард Шульга. Атомботы [Электронный ресурс]. URL: https://atomicexpert.com/robots_in_nuclear (дата обращения: 23.10.2022).

УДК 336.63

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЗРАЧНОСТИ НАЧИСЛЕНИЯ ПЛАТЕЖЕЙ ЗА УСЛУГИ ЖКХ

Хабибуллина Эльза Тимуровна[1], Саитов Станислав Радикович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]habibultim23@gmail.com, [2]caapel@mail.ru

В данной работе рассматривается возможность внедрения системы Blockchain в современную структуру жилищно-коммунального хозяйства.

Ключевые слова: жилищно-коммунальное хозяйство, система Блокчейн.

ENSURING TRANSPARENCY IN THE CALCULATION OF PAYMENTS FOR UTILITIES SERVICES

Khabibullina Elza Timurovna[1], Saitov Stanislav Radikovich[2]
[1,2]Kazan state power engineering university, Kazan
[1]habibultim23@gmail.com, [2]caapel@mail.ru

This paper considers the possibility of introducting a Blockchain system into the modern structure of housing and communal secvices.

Keywords: Department of Housing and Utilities, Blockchain system.

Сфера жилищно-коммунального хозяйства является одной из ведущих составляющих экономики любой страны. В России в данной отрасли занято более 2 млн человек, работающих более чем в 41 тыс. организаций [1].

В то же время область ЖКХ регулярно сталкивается с рядом немаловажных проблем. К ним относятся отсутствие прозрачности процедур установления тарифов за коммунальные услуги, изношенность жилищного фонда и т. д.

Как рассчитываются общедомовые нужды, и на чем основывается тот или иной тариф – в этом порой не может разобраться даже квалифицированный специалист, не говоря о простом потребителе. Увидеть реальные передвижения денег и ресурсов в данной сфере сложно.

Как выйти из этой ситуации? Как помочь человеку, не обладающему специальными познаниями в правовой и экономической сфере, не чувствовать себя обманутым?

Решение проблемы непрозрачных расчетов, в первую очередь, возможно с внедрением Blockchain (англ. *blockchain*, изначально *block chain* – цепь из блоков) в систему ЖКХ: возможность в режиме реального времени с помощью своего компьютера от начала и до конца проследить путь определенной суммы денег, проходящей через ряд транзакций.

Например, вы оплатили счет за водоснабжение квартиры. Оплатив необходимую сумму, вы можете увидеть, когда именно она поступила на счет компании, которая является поставщиком воды.

В документе (название документа и его реквизиты) о стратегии развития ЖКХ до 2030 г. прописана необходимость установки новых методов по контролю.

В 2017 г. в Государственной думе Российской Федерации было предложено перевести систему ЖКХ в Blockchain. Уже тогда была понятна необходимость такой реформы.

Blockchain – это многофункциональная и многоуровневая информационная технология, предназначенная для надежного учета различных активов [2]. Blockchain является некой версией электронного журнала, необходимого для записи нужной, важной информации. Данная база данных обладает множеством немаловажных свойств. Так, например, каждый участник такой системы имеет доступ к записям, т. е. отсутствует центральный сервер. Участник также может отследить все транзакции, проходившие в системе. Также самовольная попытка внесения каких-либо изменений в базу данных будет отклонена, поскольку изменения подтверждаются двухуровневым электронным ключом [3].

Основное назначение базы данных Blockchain – это обеспечение финансовых операций (технология блокчейн в первую очередь известна благодаря приложениям для криптовалюты) [4], что дает возможность использования данной технологии в системе ЖКХ.

Внедрение такой системы позволит автоматизировать ряд процессов, а именно проблему непрозрачности начислений, изношенности жилищного фонда и т. д.

Конечно есть в этой системе и определенные проблемы, требующие доработки.

Основным недостатком использования такой информационной системы, в первую очередь, являются высокие материальные вложения. Для оптимального функционирования системы Blockchain необходимо модернизировать и обновить подавляющую часть жилищного фонда. Следующий недостаток – слабая техническая осведомленность населения, что требует дополнительных затрат ресурсов на повышение компьютерной грамотности потребителей.

Таким образом, сфера жилищно-коммунального хозяйства обладает огромным потенциалом для повышения эффективности, но его использование возможно лишь при условии инвестиционных вливаний и внедрения инновационных технологий.

Источники

1. Общие моменты Стратегии 2030 по жилищному управлению [Электронный ресурс]. URL: https://www.it-uk.ru/infoblock/ kommunalnyye _itogi_2021/ (дата обращения: 02.11.2022).

2. Melanie Swan. Blockchain: Blueprint for a New Economy [Электронный ресурс]. URL: http://book.itep.ru/depository/blockchain/blockchain-by-melanie-swan.pdf (дата обращения: 23.10.2022).

3. Фазульянов Д.В., Бобрышева О.В. применение технологии блок-чейн для учета и оплаты услуг ЖКХ / Синергия наук. 2019. № 31. С. 983–992.

4. Blockchain technology in the energy sector: A systematic review of challenges a nd opportunities Author / Merlinda Andoni [et al.] // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2019. Vol. 100. Pp. 143–174.

5. Саитов С.Р., Чичирова Н.Д., Чичиров А.А. Баромембранные технологии в схеме водоподготовки Уфимской ТЭЦ-1 // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2017. № 2 (34). С. 58–67.

УДК 371.122.1

ЦИФРОВОЕ ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ ПО REVIT И RENGA

Хуснутдинова Алсу Руслановна[1], Зиганшин Малик Гарифович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]raziahusnutdinova@gmail.com,[2]mjihan@mail.ru

В статье предложена сравнительная характеристика средств программных комплексов (ПК) Revit и Renga в BIM-технологиях. Показаны положительные аспекты данных программ и их недостатки. Наглядно представлены различия двух ПК,сделано прогнозирование развития BIM-технологий в России в краткосрочной перспективе.

Ключевые слова: revit, renga, autodesk, BIM-технологи, импортозамещение, цифровая модель здания.

BUILDING INFORMATION MODELING BASED ON REVIT AND RENGA SOFTWARE

Khusnutdinova Alsu Ruslanovna[1], Ziganshin Malik Garifovich[2]
[1,2]Kazan state power engineering university, Kazan
[1]raziahusnutdinova@gmail.com,[2]mjihan@mail.ru

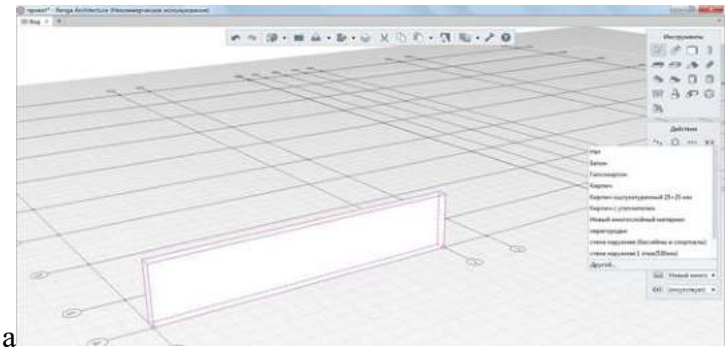
The article proposes a comparative description of the tools of software systems Revit and Renga in BIM technologies. The positive aspects of these programs and their shortcomings are shown. The differences between the two of software are clearly presented, and a forecast is made for the development of BIM technologies in Russia in the short term.

Keywords: revit, renga, autodesk, BIM technology, import substitution, digital building model.

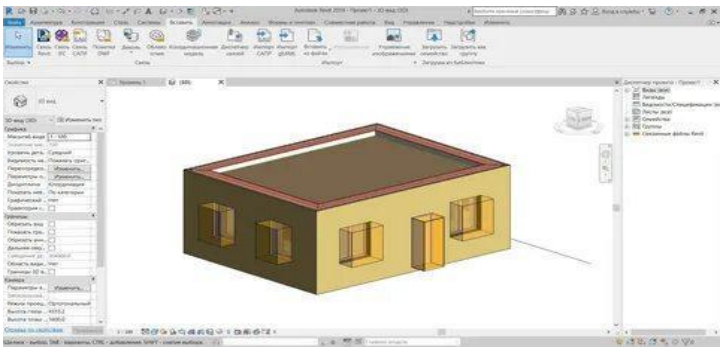
Понятие «BIM-технологии» предполагает цифровое информационное моделирование (ЦИМ) объекта с использованием ЦИМ на всех этапах его жизненного цикла (ЖЦ), начиная с бизнес-плана и завершая сносом и утилизацией. ЦИМ служит основой создания оптимальных финансовых и материальных потоков и максимальной прозрачности их формирования на протяжении всего ЖЦ. Еще недавно считалось, что внедрение BIM-технологий в рабочий процесс представляет значительные затруднения. Однако в 2020 г. было постановление принято Правительства РФ о введении информационной модели объектов капитального строительства. Следующий толчок для развития BIM – Постановление № 331 Правительства РФ от 5 марта 2021 г.: с 2022 г. применение технологий BIM-моделирования стало обязательным на объектах

госзаказа, финансируемых из бюджета РФ. BIM-технологии начали стремительно развиваться и внедряться в рабочую деятельность, стали набирать широкую популярность на российских рынках. Такие сложности, как высокая цена программных продуктов, необходимость обновления парка ЭВМ проектных и строительных организаций, казавшиеся непреодолимыми 5 лет назад, были легко решены за 2–3 года. Более проблемным сейчас представляется уход компании Autodesk с российского рынка, так как ее продукты являлись самыми удобными в использовании. Поэтому перед отечественными предпринимателями возникла важная задача – в ускоренном режиме создать собственную BIM-технологию, которая могла бы заменить Revit. Однако отечественная программа Renga пока ещё имеет заметные недостатки.

а



б



Панели инструментов Renga (*а*) и Revit (*б*)

Отсутствуют модели ряда разделов инженерных дисциплин (водоснабжение, вентиляция). По сравнению с ПО Revit намного меньше всплывающих подсказок, иногда приходится самому догадываться о возможностях определенной функции. Неудобна панель инструментов, рабочие окошки очень малы (см. рисунок). Изменение одного элемента конструкции, например, стены, не приводит к автоматической корректировке примыкающих конструкций, и их приходится дорабатывать вручную. В программе Revit есть четкое разделение проекта по основным рабочим

частям архитектура, конструкции, инженерные дисциплины. Широко используются шаблоны, в которые можно добавлять и собственные объекты, повторяющиеся в проекте. При изменении какой-либо конструкции в модели все и спецификации изменяются автоматически. Но, как и у любой программы, у Revit существуют и недостатки. Программа имеет очень большой вес, и заточена под стандарты США. Не совсем удобно при работе отсутствие осей в 3D. Однако недостатки не критичные, за исключением ненадежности Autodesk. Поэтому переход на ТИМ с отечественным ПО Renga необходим уже в ближайшем будущем, и есть надежда, что большинство ее недостатков будет устранено в краткосрочной перспективе. Уже на сегодня Renga имеет как минимум 2 серьезных технологических преимущества перед ПО Revit: она адаптирована под российские стандарты и имеет небольшой вес.

Вывод: Стремительная цифровизация способствовала развитию BIM-технологий в РФ. Несмотря на существующие пока недочеты, российская BIM-технология Renga имеет все шансы на то, чтобы заменить Revit, который может еще к нам возвратиться. Однако со скоростным развитием IT сферы в России поднятие уровня отечественной BIM-технологии должно произойти быстро.

Источники

1. Зиганшин А.М., Зиганшин М.Г. Smart BIM в О и В. Информационное моделирование в отоплении и вентиляции: учеб.-метод. пособие. Казань: КГАСУ, 2019. 115 с.
2. BIM-моделирование в задачах строительства и архи-тектуры: материалы Всероссийской научно-практической конференции / С.В. Бовтеев [и др.]. СПб.: СПбГАСУ, 2018. 31 с.
3. Красномовец В.Н. Autodesk уходит из России: чем это грозит [Электронный ресурс]. URL: https://hi-tech.mail.ru/review/59249-chem-grozit-uhod-autodesk-iz-rossii-arhitektory-i-inzhenery-srochno-ischut-alter/?frommail=ft_ml (дата обращения 18.10.2022).
4. Дьячева И.Т. Основные преимущества Renga при работе над проектом [Электронный ресурс]. URL: https://infars.ru/blog/preimushestva-renga-pri-rabote-nad-proektom/ (дата обращения: 19.10.2022).
5. Ширинян Е.А. Renga стремится стать народным BIM-инструментом [Электронный ресурс]. URL: https://prosapr.blogspot.com/2021/04/renga-bim.html (дата обращения: 20.10.2022).

УДК 621.316

ЦИФРОВАЯ ПОДСТАНЦИЯ

Чиркова Дарья Михайловна[1], Валиуллина Дилия Мансуровна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]d.m.tcherkashneva@mail.ru, [2]valiullinadiliya@mail.ru

В статье рассмотрены проблемы создания комплекса релейной защиты и автоматики в цифровом формате. Перечислены основные моменты для его реализации.

Ключевые слова: Цифровая подстанция, стандарт МЭК 61850, комплекс релейной защиты и автоматики объекта.

DIGITAL SUBSTATION

Chirkova Darya Mikhailovna[1], Valiullina Dilia Mansurovna[2]
[1,2]Kazan state power engineering university, Kazan
[1]d.m.tcherkashneva@mail.ru, [2]valiullinadiliya@mail.ru

The article discusses the problems of creating a complex of relay protection and automation in digital format. The main points for its implementation are listed.

Keywords: Digital substation, IEC 61850 standard, relay protection and automation complex of the facility.

В современной электроэнергетике создание цифровой подстанции, является актуальным вопросом. Иностранные и отечественные компании предоставляют передовые микропроцессорные устройства, поддерживающие новые коммуникационные возможности, но нет единого понимания технологии цифровой подстанции. Технология цифровой подстанции – это передача сигналов релейной защиты и автоматики между микропроцессорными устройствами по цифровым каналам связи – это сервис GOOSE коммуникации. Под технологией цифровой подстанции понимают возможность передачи выборочных значений токов и напряжений и сигналов управления первичным оборудованием по цифровой шине процесса согласно части 9-2 стандарта МЭК 61850. [1]

На самом деле такое понимание технологии цифровой подстанции является не полным и не показывает всего спектра возможностей, которые может дать эта технология будущего, заложенная еще в 2004 г. (МЭК 61850). Данный стандарт, основанный на широко распространенной и практичной коммуникационной технологий Ethernet. Для решения вопроса создания комплекса релейной защиты и автоматики объекта в цифровом формате, определив следующие ключевые и принципиальные основы такой реализации:

1. Весь функционал релейной защиты и автоматики был разделен на единичные стандартные функции – логические узлы, получившие в стандарте МЭК 61850 уникальные обозначения и определенные назначения [2]. Логические узлы являются стандартными вне зависимости от производителя и понятными всем специалистам функциями, на которых строится цифровая релейная защита и автоматика объекта.

2. Для каждого логического узла (стандартной функции) МЭК 61850 выявил входные и выходные сигналы коммуникации с другими логическими узлами, необходимые как для работы алгоритмов самого логического узла, так и для нормального функционирования цифрового комплекса релейной защиты и автоматики.

3. Сигналы коммуникации логических узлов, точнее, структуры данных каждого типа сигнала, также были стандартизованы в МЭК 61850 в виде объектов данных. Объект данных – это единичный типовой сигнал (не зависит от производителя), которым обмениваются логические узлы вне зависимости от того, находятся они в одном микропроцессорном устройстве или в разных микропроцессорных устройствах разных производителей.

4. Стандарт МЭК 61850 выделяет основные взаимодействия между логическими узлами на основе объектов данных и определил конкретные требования к параметрам коммуникации между логическими узлами. Взаимосвязь между логическими узлами позволяет обеспечивать на высоком уровне функции релейной защиты и автоматики. Требования к параметрам коммуникации позволяет поддерживать работу этих функций в on-line режиме вне зависимости от того, реализована ли полноценная функция в одном микропроцессорном устройстве (традиционный подход) либо она является распределенной в нескольких микропроцессорных устройствах, в которых функционируют взаимосвязанные логические узлы. Основным условием к коммуникации между логическими узлами является условие поддержки и обработки атрибутов качества сигнала. Обработка атрибутов качества сигнала необходима как для обеспечения нормального рабочего процесса, так и для целей технического обслуживания и такая обработка особенно актуальна, когда логические узлы находятся в разных микропроцессорных устройствах [3].

Взяв за основу материал стандарта МЭК 61850 по технологии цифровой подстанции можно представить комплекс релейной защиты и автоматики объекта, выполненный в цифровом формате на основе стандартных логических узлов, взаимодействующих между собой с помощью стандартных сигналов вне зависимости от того, находятся взаимодействующие узлы в одном микропроцессорном устройстве или в разных микропроцессорных устройствах.

Основное условие технологии цифровой подстанции к производителям микропроцессорных устройств это построение внутренней архитектуры микропроцессорного устройства в соответствии с требованиями стандарта МЭК 61850. Внутренняя архитектура микропроцессорного устройства выглядит для пользователя как совокупности логических узлов с типовыми обозначениями (модель данных) и также дается пользователю возможность работы внутри микропроцессорного устройства с типовыми сигналами – объектами данных по МЭК 61850, в том числе беспроблемно добавлять их в модель данных для реализации пользовательских задач [1].

Источники

1. СТО 34.01-21-004-2019. Цифровой питающий центр. Требования к технологическому проектированию цифровых подстанций напряжений 110–220 кВ и узловых цифровых подстанций напряжением 35 кВ. М.: Департамент оперативно-технологического управления ПАО «РОССЕТИ». 114 с.

2. Головщиков В.О. Цифровая подстанция – основной элемент цифровой электроэнергетической системы // Современные технологии и научно-технологический прогресс: матер. конф. Ангарск, 2019. С. 224–225.

3. Виноградов В.А. Цифровые подстанции – шаг в будущее энергетики // Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации: матер. конф. Пенза, 2019. С. 91–94.

УДК 697:004

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ И ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТА ТРУБОПРОВОДНОЙ СЕТИ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Шайхуллин Урал Рудикович[1], Зарипова Римма Солтановна[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]2002ural@mail.ru

В статье приводится методика определения наиболее выгодного варианта трассировки тепловой сети. Выявлены критерии оптимальности, отражающие конструктивные, эксплуатационные, экономические и другие факторы, влияющие на работу систем теплоснабжения. Описывается функционал информационной системы для расчёта оптимального маршрута трубопроводной трассы.

Ключевые слова: программное обеспечение, управление, теплоснабжение, энергосбережение, тепловая сеть, многокритериальная оптимизация.

DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY AND INFORMATION SYSTEM FOR CALCULATING THE OPTIMUM ROUTE FOR THE PIPE NETWORK OF A HEAT SUPPLY SYSTEM

Shaikhullin Ural Rudikovich[1], Zaripova Rimma Soltanovna[2]
[1,2]Kazan state power engineering university, Kazan
[1]2002ural@mail.ru

The article provides a method for determining the most advantageous option for tracing the heat network. Optimality criteria reflecting constructive, operational, economic and other factors affecting the operation of heat supply systems are identified. The functional of the information system for calculating the optimal route.

Keywords: information system, management, heat supply, energy saving, heating network, multi-criteria optimization.

К числу основных проблем тепловых сетей относятся: плохое состояние систем теплоснабжения, высокий износ теплосетей, невысокая надежность функционирования, большие энергетические потери, загрязняющее воздействие на окружающую среду; потребность в больших инвестициях для надежного функционирования, разобщенность объектов и систем теплоснабжения. В связи с этим для развития тепловых сетей необходимо основательно подходить к строительству новых и реконструкции действующих систем теплоснабжения [1].

Решение такой проблемы, как беспорядочное развитие систем теплоснабжения и повышение их эффективности, является важной задачей энергетического комплекса и напрямую связано с автоматизацией рассматриваемых систем. Основной проблемой при этом является перевод существующей информации в электронную форму и её последующее применение современными информационными системами [2]. На сегодняшний день нет единого решения задачи управления энергетическими системами городов. Каждая крупная энерговырабатывающая отрасль применяет свои разработки в решении задачи автоматизации своих объектов, что затрудняет их использование в смежных отраслях. Применяя эти подходы к системам теплоснабжения, можно добиться уменьшения затрат при строительстве новых или реконструкции существующих систем. Одним из основных вопросов при этом является выбор наиболее оптимального маршрута трубопроводной магистрали между источником и абонентом тепловой сети [3].

При проектировании тепловой сети можно столкнуться с проблемой трудоемкости расчета, так как чем больше подключаемых потребителей, тем разветвлённее должна быть тепловая сеть. Эту проблему можно решить путём их автоматизации различными программно-вычислительными системами, которые позволят сократить временные и трудовые затраты при проектировании сети. В этом случае необходимо разработать методику расчёта оптимального маршрута трубопроводной трассы системы теплоснабжения и реализовать её в виде программы. Данную задачу можно решить с помощью методов системного анализа [4]. Для этого необходимо определиться с критериями, относительно которых будет проводиться оптимизация, и подобрать для них методы анализа.

В условиях неизвестности исходных данных на первоначальном этапе проектирования за критерии оптимальности необходимо брать укрупнённые характеристики, которые описывают особенности проектируемой системы. В настоящее время можно выделить такие характеристики, как время строительства, тепловые потери, надёжность, металлоёмкость и оборот теплоты, а также в качестве дополнительной характеристики можно применить дисперсию температуры у абонента. Основным недостатком в данном методе оптимизации является человеческий фактор: ошибочный выбор экспертами веса критериев, что может привести к неправильному решению. Этого можно избежать путём применения метода, ограничивающего заведомо невыгодные варианты трассировки [5]. Смысл этого метода состоит в последовательном рассмотрении пар трасси-

ровок. Если все параметры оптимизации в одном из двух вариантов содержат величины, строго большие соответствующих величин во втором варианте, то первую строку можно исключить из поиска оптимальных вариантов. Для реализации метода определения наиболее выгодного варианта трассировки тепловой сети необходимо разработать информационную систему для расчёта оптимального маршрута трубопроводной трассы. Её использование позволит сократить временные и трудовые затраты при проектировании.

Реализация информационной системы осуществляется на высокоуровневом объектно-ориентированном языке программирования Python. Разработанная программа дает возможность рассчитать наиболее оптимальный вариант трассировки с учётом укрупнённых критериев материало-ёмкости, надёжности, тепловых потерь времени строительства и равномерности распределения температуры у потребителя. На первом этапе расчёта необходимо выбрать метод и критерии оптимизации. Далее необходимо ввести исходные данные для расчёта, после чего выполнятся проверка корректности введённой информации, и программа проводит расчёт. Затем вводятся данные по второй схеме и так далее для всех рассматриваемых вариантов трассировки. При выборе метода оптимизации с экспертными оценками на следующем этапе задаются значения каждого критерия и затем выводится информация, содержащая рассчитанные критерии, наиболее выгодный вариант трассировки и диаграмма для каждой схемы теплоснабжения.

Разработанная информационная система дает возможность получить не только графическое представление результатов расчёта оптимального маршрута, но и табличное представление, что упрощает анализ полученных данных [6]. Кроме того имеется возможность расчета оптимального маршрута с использованием метода экспертных оценок, а также методом исключения заведомо невыгодных вариантов в независимости друг от друга. Всё это позволяет существенно уменьшить трудоёмкость и время выбора оптимального варианта трубопроводной магистрали при проектировании систем теплоснабжения.

Источники

1. Лобода А.В., Чуйкина А.А. О согласовательном проектировании систем теплоснабжения на основе системного анализа // Российский журнал строительства и архитектуры. 2020. № 3. С. 35–45.

2. Галеев С.Р., Зарипова Р.С. Информационно-измерительная система технологического контроля параметров центрального теплового пункта / Энергетика, электромеханика и энергоэффективные технологии глазами молодежи: матер. IV Рос. молодежной науч. школы-конференции. В 2 т. Томск, 2016. С. 328–329.

3. Solving the Multi-criteria Optimization Problem of Heat Energy Transport / V. Melkumov [et al.] // Proc. of International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies. 2019. Vol. 1258. Pp. 3–10.

4. Мелькумов В.Н., Кузнецов И.С., Кобелев В.Н. Выбор математической модели трасс тепловых сетей // Научный вестник ВГАСУ. Серия: Строительство и архитектура. 2021. № 2. С. 31–36.

5. Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Разработка информационной системы контроля параметров системы отопления // Энергетика и энергосбережение: теория и практика: матер. IV Всерос. науч.-практ. конф. Кемерово, 2018. С. 335.1–335.3.

6. Реброва О.В., Зарипова Р.С. Цифровизация сферы ЖКХ // Вектор развития управленческих подходов в цифровой экономике: матер. III Всерос. науч.-практ. конф. Казань, 2021. С. 285–287.

УДК 621.039

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БАССЕЙНА ВЫДЕРЖКИ АЭС НА ОСНОВЕ ЗАРУБЕЖНЫХ И ОТЕЧЕСТВЕННЫХ РАЗРАБОТОК

Шайхутдинов Ярослав Олегович[1], Власов Сергей Михайлович[2],
Марзоева Ирина Владимировна[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]jara2105@mail.ru, [2]vlasovsm@list.ru, [3]arigata@bk.ru

На данном этапе развития атомной отрасли использование остаточного энерговыделения отработавших тепловыделяющих сборок (ОТВС), находящихся в бассейнах выдержки (БВ) атомных электростанций (АЭС) после их использования и извлечения из ядерного реактора, никак не используется. Вместо этого тепло ОТВС отводится благодаря циркулирующей в бассейне выдержки борной воде. В данной работе сформулированы некоторые из возможных путей решения данной проблемы с учетом зарубежных и отечественных разработок.

Ключевые слова: бассейн выдержки, остаточное энерговыделение, генерация водорода, накопление энергии.

WAYS TO INCREASE THE EFFICIENCY OF USE OF THE NPP SPENT FUEL POOL ON THE BASIS OF FOREIGN AND DOMESTIC DEVELOPMENTS

Shaikhutdinov Yaroslav Olegovich[1], Vlasov Sergey Mihailovich[2],
Marzoeva Irina Vladimirovna[3]
[1,2,3]Kazan state power engineering university, Kazan

At this stage of development of the nuclear industry, the use of decay heat release from spent fuel assemblies (SFA) located in the spent fuel pools of nuclear power plants after their use and removal from a nuclear reactor is not used in any way. This article formulates some of the possible ways to solve this problem, taking into account foreign and domestic developments.

Key words: spent fuel pools, decay heat, hydrogen generation, energy accumulation.

На данный момент тепловыделяющие сборки (ТВС) используются в ядерных реакторах до 5 лет, после чего извлекаются и перегружаются в бассейны выдержки для дальнейшего остывания. Выделяющееся в процессе остывания тепло отводится благодаря циркуляции борной воды и в дальнейшем никак не используется, т. е. теряется. После анализа

многочисленных зарубежных и отечественных источников были выявлены следующие возможные варианты повышения эффективности использования бассейнов выдержки.

Во-первых, накопление горячей воды в специальных резервуарах [1]. Между БВ и резервуаром устанавливается теплообменник, в котором циркулирует горячая вода из бассейна выдержки и передает теплоту холодной воде, поступающей от потребителя. Схема приведена на рис. 1. При этом смешивания сред не происходит, что обеспечивает безопасность [2].

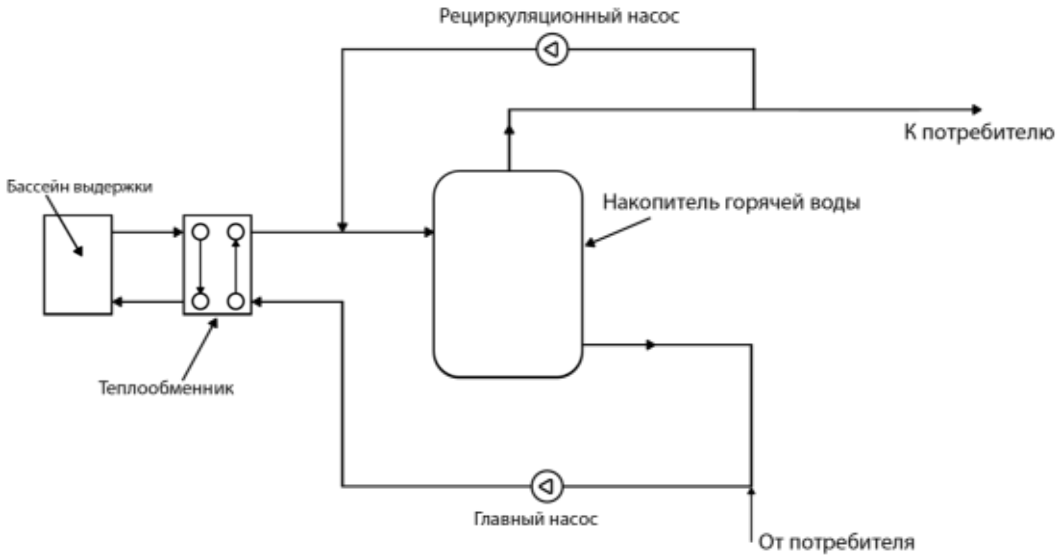


Рис. 1. Использование накопительного резервуара

Во-вторых, вырабатывать водород для повышения эффективности БВ можно не только благодаря получению электроэнергии от нагретой воды, но и благодаря самой радиационно-возбужденной воде, находящейся в бассейне выдержки. Использование этой воды снижает потребление электроэнергии, необходимой для производства эквивалентного коли-чества водорода и кислорода по сравнению с водой, которая не подвергалась возбуждению [3].

В-третьих, ОТВС после извлечения из реактора могут иметь температуру порядка 300 °С [4]. Такую температуру можно использовать для получения термической ЭДС благодаря эффекту Зеебека [5]. Получаемую таким образом энергию можно направить на электролизер для получения водорода на собственные нужды в пределах АЭС или использовать его в топливных элементах. Авторская схема приведена на рис. 2.

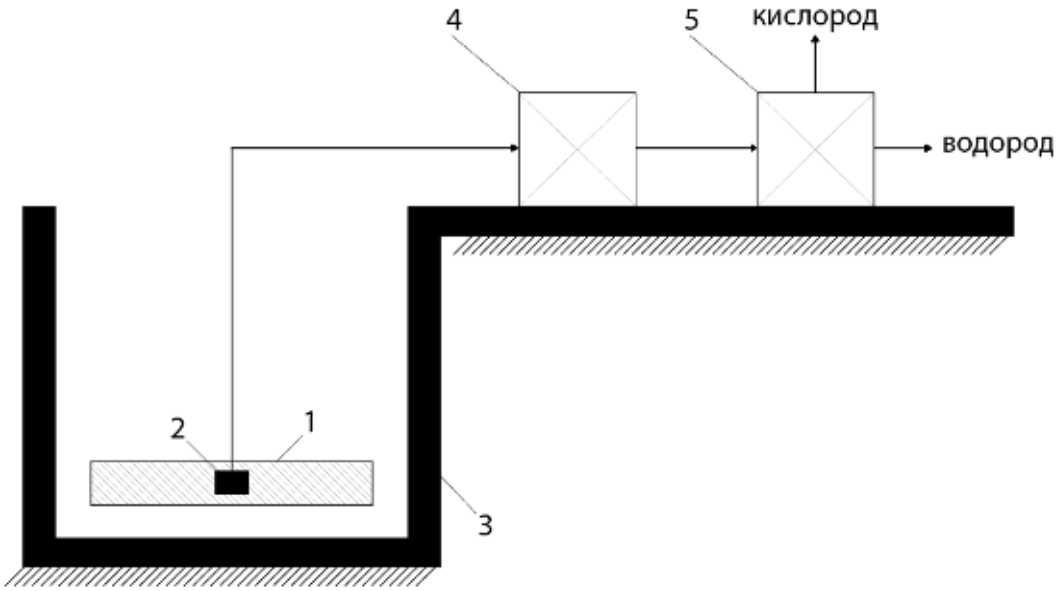


Рис. 2. Использование эффекта Зеебека и электролизера

В-четвертых, остаточное энерговыделение ОТВС можно использовать в качестве дополнительного аварийного источника электроэнергии [6]. Сущность одного из возможных методов заключается в том, что сами тепловыделяющие сборки выступают в роли парогенератора, через который пропускается вода и преобразуется в пар. Полученный пар направляется на турбину с генератором для выработки электроэнергии, которая в дальнейшем может использоваться, например, для питания насосов, перекачивающих воду в бассейне выдержки.

Источники

1. Jose I. Linares, María M. Cledera. Sizing of thermal energy storage devices for micro-cogeneration systems for the supply of domestic hot water // Sustainable Energy Technologies and Assessments. 2014. Vol. 5. Pp. 37–43.

2. Герасименко А.С., Дорохов С.В., Криворотова В.В. Особенности прямых измерений для оценки объемной активности радионуклидов в воздухе рабочей зоны // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Vol. 24, Iss. 3. Pp. 3–14.

3. Патент США US № 2010/0072074A1

4. Способ использования в системе горячего водоснабжения отработанного ядерного топлива: пат. 2672140 Рос. Федерация № 2017126650; заявл. 26.07.2017; опубл. 12.11.2018, Бюл. № 32.

5. Патент США US № 2013/0028365A1.

6. Патент США US № 2012/0328068A1.

Направление 4. АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

УДК 379.8

РЕЖИМ ДНЯ СТУДЕНТА КАК СРЕДСТВО АДАПТАЦИИ ПЕРВОКУРСНИКА К ОБУЧЕНИЮ В ВУЗЕ

Ахтямова Алиса Авзаловна[1], Завада Галина Владимировна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2]akhtyamova04@bk.ru

На сегодняшний день в условиях гиподинамии и цифровизации общества проблема здоровья студентов является довольно важной и сложной. Не секрет, что именно нынешние поколение будет определять будущее страны, ее экономический, социальный, научный и культурный потенциал. Однако рациональное распределение нагрузки в течение дня в условиях интенсивной занятости студентов и в новой среде, требующей адаптации к ее условиям, становится одной из трудных задач. В статье отмечено, режим дня студентов является важным фактором успешной адаптации к воздействиям умственных и физических нагрузок, показана актуальность проблемы и необходимость разработки различных методов ее решения, профилактики и внедрения в повседневную жизнь студентов различных вариантов поддержания уровня физического и ментального здоровья.

Ключевые слова: режим дня, здоровье, социализация, порядок, активность, правильное питание, здоровый сон, время.

THE STUDENT'S DAILY ROUTINE AS A MEANS OF ADAPTING A FIRST-YEAR STUDENT TO STUDY AT A UNIVERSITY

Akhtyamova Alisa Avzalovna[1], Zavada Galina Vladimirovna[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1,2]akhtyamova04@bk.ru

Today, in conditions of physical inactivity and digitalization of society, the problem of students' health is quite important and complex. It is no secret that it is the current generation that will determine the future of the country, its economic, social, scientific and cultural potential. However, rational distribution of workload during the day in conditions of intensive employment of students becomes one of the difficult tasks. The daily routine of students is an important factor of successful adaptation to the effects of mental and physical stress. This problem is urgent and requires the development of various methods of its solution, prevention and introduction into the daily life of students of such options for maintaining the level of physical and mental health, for example, making the right daily routine.

Keywords: daily routine, health, socialization, order, activity, proper nutrition, healthy sleep, time.

В современном мире актуальной является проблема оптимизации трудовых ресурсов и повышение трудового потенциала. Есть различные подходы к решению этих проблем, один из них – подход анализа человеческих ресурсов и продуктивной организации деятельности личности. В этом направлении ведущее место занимает вопрос режима дня человека, как определенный распорядок труда, отдыха, питания и сна. Исследователи подчеркивают, что грамотное чередование различных видов работы, упорядочивание и грамотное планирование дел способствуют нормальной жизнедеятельности, ликвидирует эмоциональную тревожность, бережет ресурсы [1]. Режим – это в первую очередь самодисциплина, которая приучает каждого к организованности, разумному использованию своего времени.

Проанализировав различные материалы по анализу значения режима дня человека [1–3], сделаем некоторые выводы: правильный режим дня способствует:

– поддержанию здорового функционирования организма;

– нормализации психоэмоционального состояния;

– гармоничному развитию личности;

– воспитанию пунктуальности;

– высокой самодисциплине и организованности, как в труде, так и в период отдыха;

– значительному снижению утомляемости;

– повышению эффективности труда.

Режим дня, несомненно, оказывает значительное влияние и на формирование жизни студента. Часто период студенчества отмечается нехваткой сна, нарушением питания, ухудшением здоровья человека. Многие студенты именно в это время начинают жить самостоятельно, формируя свой режим дня. В школьные годы на это сильно влияют родители: они подбирают дневной рацион, следят засоблюдением графика сна. В студенческой жизни в этом плане наступает некоторая свобода действий [4].

Существует ряд причин, которые влияют на формирование режима дня студента:

1) нагрузки в высших учебных заведениях и сам учебный процесс сильно отличается от того, что было в школе (одно занятие длится 1 час 30 минут, вместо привычных 45 минут);

2) смена места проживания, а также дисбаланс в распределении свободного времени сказываются на режиме питания человека;

3) меняется окружение, что является одним из главных факторов формирования личности у человека.

На формирование режима дня влияет соблюдение режима сна, приема пищи, режима активной мозговой и физической активности, а также режима отдыха. Все эти сферы жизни человека тесно взаимосвязаны друг с другом. Когда одна из них выходит из-под контроля, вся система приходит в дисбаланс. Именно поэтому так важно следить за соблюдением всех норм. Рассмотрим детальнее каждую из них.

Сон имеет большое значение для сохранения нормальной деятельности нервной системы и всего организма. Великий русский физиолог И.П. Павлов указывал, что сон – это своего рода торможение, которое предохраняет нервную систему от чрезмерного напряжения и утомления. Сон должен быть достаточно длительным и глубоким.

Время, необходимое для сна, всем без исключения невозможно. Потребность во сне у разных людей неодинакова. В среднем эта норма составляет около 8 часов. К сожалению, некоторые люди рассматривают сон как резерв, из которого можно заимствовать время для выполнения тех или иных дел. Систематическое недосыпание приводит к нарушению нервной деятельности, снижению работоспособности, повышенной утомляемости, раздражительности.

Питание. Здоровое и сбалансированное питание является одной из главных составляющих здоровья человека в целом. Время приема пищи должно быть строго определено и приходиться на одни и те же часы. Нерегулярный прием ее ухудшает условия пищеварения и способствует развитию заболеваний желудочно-кишечного тракта.

Режим активной деятельности. Необходимо следовать организованному образу жизни, беречь верный режим в учебном труде, отдыхе, питании, сне и заниматься физическими упражнениями. При ежедневном укладе жизни подобного вида, довольно быстро между данными процессами устанавливается связь, выраженная выработкой приобретенных привычек человека.

Режим отдыха. Отдых – это состояние покоя или активной деятельности, ведущее к восстановлению сил и работоспособности (Википедия). Работа и отдых тесно связаны между собой и представляют две стороны нормальной жизнедеятельности организма. Правильно организованный и культурный отдых способствует сохранению и укреплению здоровья человека.

Существуют две основные формы отдыха – пассивный и активный. Пассивный отдых (состояние физиологического покоя) – это отдых во время ночного сна, активный – отдых, при котором временно включаются мышечные группы, не участвующие в основной работе.

Таким образом, основными элементами режима дня студента являются: учебные занятия в вузе и дома, активный отдых с максимальным пребыванием на свежем воздухе, регулярное и достаточное питание, физиологически полноценный сон, свободная деятельность по индивидуальному выбору [5].

При организации режима следует учитывать состояние здоровья студента, и функциональные особенности данного возрастного периода. При чётком распорядке дня у студентов формируется привычка, когда конкретное время является сигналом для соответствующих действий, что является значимым фактором в адаптации студента к жизнедеятельности в изменившихся условиях.

Источники

1. Правильный режим дня [Электронный ресурс] // НеБолеем: Медицина и здоровье. URL: https://www.neboleem.net/stati-o-zdorove/5362-pravilnyj-rezhim-dnja.php?ysclid=laa4co4lvs632168489 (дата обращения: 10.11.2022).

2. Дичев Т.Г., Тарасов К.Е. Проблема адаптации и здоровье человека: методологические и социальные аспекты. М.: Медицина, 1976. 184 с.

3. Торсунов О.Г. Режим дня. Питание [Электронный ресурс]. URL: https://amalanov.ru/rezhim-dnya-pitanie-oleg-torsunov-chitat-onlajn-kniga.html#15 (дата обращения 10.11.2022).

4. Советы по соблюдению режима дня [Электронный ресурс]. URL: https://naturae.ru/zdorovyi-obraz-zhizni/rezhim-dnya.html (дата обращения 10.11.2022).

5. Петрова Е.В. Здоровье и проблема адаптации человека [Электронный ресурс] // Философия науки и техники. 2008. № 1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/zdorovie-i-problema-adaptatsii-cheloveka (дата обращения: 10.11.2022).

УДК 378.147

ФОРМИРОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНОГО МЫШЛЕНИЯ У СТУДЕНТОВ НА ПРИМЕРЕ РЕШЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ

Барковская Марина Михайловна[1], Гладковский Виктор Иванович[2],
Савчук Оксана Федоровна[3]
[1,2,3]Брестский государственный технический университет, г. Брест
[1]mbarkovskay@mail.ru, [2]vig4540@ya.ru, [3]savchukof@gmail.com

В статье рассмотрено понятие «инженерное мышление» и определены его структурные составляющие. Описаны условия формирования инженерного мышления у студентов технического университета при применении в образовательном процессе ситуационных составных комплексных задач по физике.

Ключевые слова: инженерное мышление, структурные составляющие, комплексная задача, физика.

FORMATION OF ENGINEERING THINKING AMONG STUDENTS ON THE EXAMPLE OF SOLVING COMPLEX PROBLEMS IN PHYSICS

Barkovskaya Marina Mikhailovna[1], Gladkovsky Viktor Ivanovich[2],
Savchuk Oksana Fedorovna[3]
[1,2,3]Brest State Technical University, Brest
[1]mbarkovskay@mail.ru, [2]vig4540@ya.ru, [3]savchukof@gmail.com

The article discusses the concept of "engineering thinking" and defines its structural components. The conditions for the formation of engineering thinking among students of a technical university are described when situational composite complex problems in physics are used in the educational process.

Keywords: engineering thinking, structural components, complex task, physics.

В настоящее время среди выпускников школ активно повышается спрос на профессии, которые требуют знаний и навыков в сфере инженерной деятельности – одной из самых значимых и перспективных в Республике Беларусь. Выбор профессии инженера предполагает наличие у обучающегося высокого интеллектуального потенциала, а также развитие таких личностных качеств, как аналитическое мышление, способность моделировать различные ситуации и изобретательность [1]. Отсутствие профильных классов, в которых велась бы подготовка к инженерной деятельности выпускников, создает проблему, заключающуюся в слабом формировании и развитии у них особого инженерного мышления.

Понятие «инженерное мышление» включает в себя особый вид мышления, формирующийся и проявляющийся при решении инженерных задач, который позволяет быстро, точно и оригинально решать поставленные задачи, направленные на удовлетворение технических потребностей в знаниях, способах, приемах, с целью создания технических средств и организации технологий [1, 2]. Поэтому важной задачей любого технического университета является формирование у студентов первого курса инженерного мышления. Для этого наряду со способностью решать нестандартные технические задачи необходимо овладеть методологией творчества, чтобы затем оптимально использовать полученную базу общенаучных и специально-профессиональных знаний в области профессиональной деятельности, например, строительства [3, 4]. Поэтому преподавателями кафедры физики БрГТУ создаются условия такой образовательной среды, в которой студенты могут проявить инициативу, творческие способности и аналитическое мышление, что способствует формированию у них инженерного мышления в процессе обучения физике.

Средством достижения указанной цели являются составленные преподавателями физические комплексные задачи, имеющие прикладную и исследовательскую направленность и представляющие собой задачи, в которых на едином графическом и словесном материале рассматривается весь комплекс взаимодействия идей и представлений отдельной темы по физике [3, 4]. Их решение предполагает применение студентом знаний в новых или видоизмененных условиях и творческого подхода, поскольку возникает ситуация, когда ему не известен способ решения, и его опыт не позволяет использовать стандартную готовую схему решения задачи.

Применение комплексных задач при обучении физике позволяет формировать у студентов навыки и умения, необходимые для развития инженерного мышления, структурными компонентами которого являются конструктивное, исследовательское, научно-теоретическое и преобразующее мышления [2, 5]. Так, из предложенных преподавателем рисунков и таблиц с численными значениями (поливариантность достигается путем варьирования графического и численного материала) студент самостоятельно составляет условие задачи по изучаемой теме, определяет ее объекты задачи, а также осуществляет поиск средств для построения соответствующей физической модели и ее математического описания [3, 4]. В отличие от других форм учебных занятий студент сам выбирает уровень сложности и количество выполняемых заданий. Таким образом, у него формируется конструктивное мышление.

В дальнейшем преподаватель акцентирует внимание студентов на научно-теоретические положения (формулировку, формулу и др.) явлений и законов, встречающихся в задаче, подсказывает лишь общее направление решения, тем самым активизируя у них самостоятельные поиски. Основную часть самостоятельной работы студенты выполняют собственными силами. Они сопоставляют модель задачи с известными им схемами и группами задач и определяют новизну, а также устанавливают связывающие объекты модели физические законы, выявляют на качественном уровне основные связи между ними, а затем составляют условия задачи на язык формул и решают полученные уравнения математическими способами. Таким образом, полученные при решении задачи схемы и общие понятия, воплощающие в себе научные знания и опыт, могут использоваться как для получения новых знаний, так и для улучшения качества уже имеющихся, что в результате способствует формированию у студента исследовательского и научно-теоретического мышления [2, 5].

И в заключение, студент проводит операции с наименованием величин, анализирует полученный результат, устанавливает соответствие ответа с условием задачи. Следовательно, у него формируются навыки и умения, характерные для преобразующего мышления.

Источники

1. Уровни сформированности инженерного мышления / Е.А. Дума [и др.] // Успехи современного естествознания. 2013. № 10. С. 143–144.

2. Мустафина Д.А., Ребро И.В., Рахманкулова Г.А. Негативное влияние формализма в знаниях студентов при формировании инженерного мышления // Инженерное образование. 2011. № 7. С. 10–15.

3. Барковская М.М., Гладыщук А.А., Савчук О.Ф. Физика : в 2 ч. Брест: БрГТУ, 2019. Ч. 2: Методические рекомендации для практических занятий по физике с индивидуальными заданиями. 62 с.

4. Гладковский В.И. Пособие для самостоятельной работы по курсу «Физика». Брест: Изд-во БрГТУ, 2009. 107 с.

5. Сазонова З.С., Чечеткина Н.В. Развитие инженерного мышления – основа повышения качества образования. М.: МАДИ (ГТУ). 2007. 195 с.

УДК 378.14

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩИХСЯ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ

Будникова Иветта Константиновна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
ikbudnikova@yandex.ru

В статье рассматриваются актуальные направления самостоятельной работы обучающихся в условиях, когда тренд на получение знаний и освоение новых компетенций является естественным для цифрового общества, а ключевой ценностью выступает информация, которая обновляется невероятно быстро,

Ключевые слова: информация, цифровые технологии, компетенции, электронный образовательный ресурс, творческая научная работа.

INDEPENDENT WORK OF STUDENTS UNDER CONDITIONS OF DIGITAL TRANSFORMATION OF EDUCATION

Budnikova Ivetta Konstantinovna
Kazan State Power Engineering University, Kazan
ikbudnikova@yandex.ru

The article discusses the current areas of independent work of students in an environment where the trend to gain knowledge and master new competencies is natural for the digital society, and the key value is information that is updated incredibly quickly.

Keywords: information, digital technologies, competencies, electronic educational resource, creative scientific work.

Формирование единой информационной образовательной среды, на основе электронных информационных ресурсов и электронных образовательных ресурсов (ЭОР) должно осуществляться с учетом современных тенденций в области модернизации российского образования, лучших отечественных и мировых практик, требований основополагающих международных и национальных стандартов в области информационно-коммуникационных технологий и информационного обмена [1–3].

Тренд на получение знаний и освоение новых компетенций является естественным для цифрового общества, где ключевой ценностью выступает информация. Цифровые технологии сегодня распространяются и обновляются невероятно быстро: высокоскоростной интернет, смартфоны и планшеты, инструменты Web 2.0, облачные сервисы, новое поколение устройств виртуальной реальности и искусственного интеллекта, блокчейн – всё это открывает широкие возможности для доступа к цифровым инструментам, материалам и сервисам.

Таким образом, в новых условиях обновляются требования к образовательному процессу в направлениях:

– активного внедрения информационных технологий в образовательное пространство, формирования цифровой образовательной среды;

– ориентации процесса обучения на самостоятельность;

– перераспределения времени между самостоятельной и аудиторной работой в пользу первой.

Самостоятельная работа в современном образовательном процессе рассматривается как форма организации обучения, которая способна обеспечивать самостоятельный поиск необходимой информации, творческое восприятие и осмысление учебного материала, развитие аналитических способностей, навыков контроля и планирования учебного времени.

Для реализации творческих способностей обучающихся предусмотрены такие виды самостоятельной работы, как текущая, опережающая и творческая проблемно-ориентированная.

Самостоятельную работу по времени выполнения делят на:

– аудиторную работа на занятиях под руководством преподавателя;

– внеаудиторную работу при подготовке к занятиям и другим учебным мероприятиям.

Текущая и опережающая самостоятельная работа направлена на углубление и закрепление знаний обучающихся, развитие практических умений.

Творческая проблемно-ориентированная самостоятельная работа направлена на развитие интеллектуальных умений, повышение творческого потенциала обучающихся и формирование комплекса универсальных (общекультурных), общепрофессиональных и профессиональных компетенций, и заключается в:

– поиске, анализе, структурировании и презентации информации;

– выполнении индивидуальных заданий повышенной сложности;

– углубленном исследовании вопросов по тематике лекций и практических занятий;

– исследовательской работе и участии в научных студенческих семинарах, конференциях, форумах, хакатонах, конкурсах студенческих стартапох.

В современных условиях цифровой трансформации образования наиболее эффективным методом формирования и оценки компетенций обучающихся является участие в научных студенческих конференциях, семинарах и других аналогичных мероприятиях.

Так при подготовке к указанным мероприятиям необходимо:

– дополнительно работать с новинками итературы;

– формулировать постановку задачи и ее инженерное применение;

– выбирать методы исследования;

– выбирать инструменты для обработки результатов;

– проводить анализ результатов;

– формулировать выводы и практические рекомендации.

В результате выполнения этой работы приходит понимание практического применения приобретенных компетенций для решении инженерных задач в профессиональной деятельности. Выступления с сообщениями на конференциях формирует коммуникабельность при общении с аудиторией. Таким образом, при подготовке к участию в научных семинарах и конференциях сочетаются разные виды учебной деятельности.

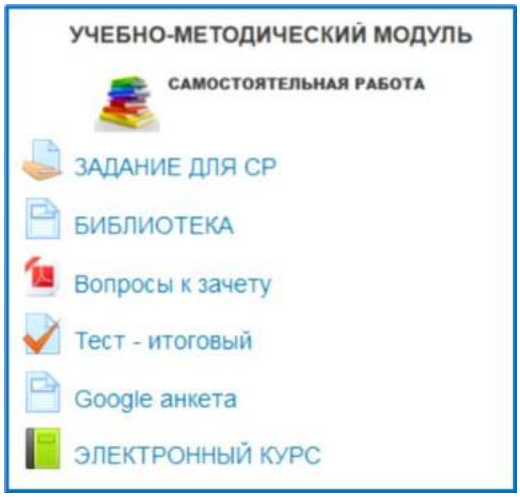


Рис. 1. Учебно-методический модуль в ЭОР

При обучении в условиях цифровой образовательной среды на площадке Moodle в ЭОР курса сформирован отдельный учебно-методический модуль (рис. 1) в помощь организации самостоятельной работы [4]. В этом модуле в разных форматах открывается доступ к тематическим материалам в онлайн-режиме. Раздел «Электронный курс» разработан автором с гиперссылками на интерактивные материалы и видеоролики. В разделе «Библиотека» представлена учебно-методическая литература из электронных библиотек.

Дополнительно в электронной образовательной среде университета (e-Leaming) в личном кабинете студентов представлена возможность самостоятельной работы с библиотечными электронными ресурсами (рис. 2).

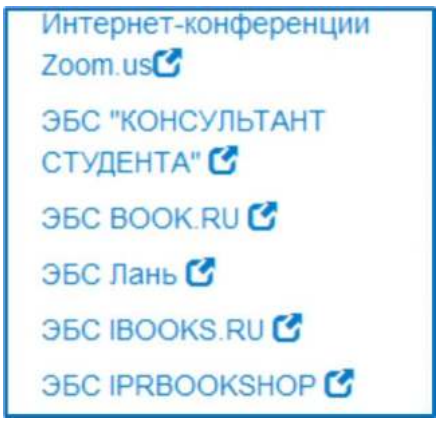


Рис. 2. Перечень электронных ресурсов в личном кабинете

Таким образом, для развития и управления креативными способностями обучающихся рекомендуется активное вовлечение их во все виды научной работы, которая реализуются на различных молодежных площадках с применением современных информационных технологий [5].

Источники

1. Национальный проект «Образование» [Электронный ресурс] // Минпросвещения России: офиц. сайт. URL: https://edu.gov.ru/national-project/ (дата обращения: 02.11.2022).

2. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года [Электронный ресурс]: Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204. URL: https://kremlin.ru/acts/bank/43027 (дата обращения: 02.11.2022).

3. Информационные технологии в образовании [Электронный ресурс]: учеб. / М.И. Баранова [и др.]. СПб.: Лань, 2022. 296 с. URL: https://e.lanbook.com/book/212435 (дата обращения: 03.11.2022).

4. Будникова И.К. Использование сервисов Moodle в оценке качества образовательного процесса // Вестник Технологического университета 2018. Т. 21, № 11. С. 123–126.

5. Голубцов Н.В., Нищёнков А.В., Фёдоров О.В. Управление развитием науки и образования в аспекте публикационной активности университетов // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2019. Т. 11, № 3 (43). С. 116–121.

УДК 378.14

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА»

Будникова Иветта Константиновна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
ikbudnikova@yandex.ru

В статье рассматривается применение математических пакетов при изучении дисциплины «Теории вероятностей и математическая статистика» для моделирования и прогнозирования вероятностных процессов, как инструментов формирования профессиональных компетенций для решения инженерных задач.

Ключевые слова: случайные процессы, моделирование, прогнозирование, компетенции, информационные технологии.

INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE STUDY OF THE DISCIPLINE «PROBABILITY THEORY AND MATHEMATICAL STATISTICS»

Budnikova Ivetta Konstantinovna
Kazan State Power Engineering University, Kazan
ikbudnikova@yandex.ru

The article discusses the use of mathematical packages in the study of the discipline “Theory of Probability and Mathematical Statistics” for modeling and predicting probabilistic processes, as tools for the formation of professional competencies for solving engineering problems.

Keywords: random processes, modeling, forecasting, competencies, information technologies.

В настоящее время теория вероятностей занимает серьезное место в науке и прикладной деятельности. Её методы, идеи и результаты не только используются, но и буквально пронизывают все технические и естественные науки, экономику, организацию производства, лингвистику, археологию и другие. Без достаточно развитых представлений о случайных событиях, вероятностных закономерностях массовых однородных случайных явлений не возможна продуктивная деятельность людей ни в одной сфере жизни общества (инженерия, менеджмент, телекоммуникации, биоинформатика, социология и другие) [1].

Дисциплина «Теория вероятностей и математическая статистика» занимает особое положение среди математических дисциплин, которые изучаются в высшей школе, и является не только основополагающей

компонентой в подготовке бакалавров и специалистов, но и важной теоретической и практической базой профессиональной подготовки обучающихся.

Цель изучения дисциплины заключается в том, чтобы раскрыть обучающимся мировоззренческое значение науки о случайном, углубить их представления о роли и месте теории вероятностей и математической статистики в изучении окружающего мира; научить обучающихся формализации вероятностно-статистической задачи и анализу полученных результатов; сформировать готовность к использованию полученных знаний, умений и навыков в будущей профессиональной деятельности [2].

Из совокупности задач, которые решаются в процессе обучения выделим в данной статье:

– изучение методов анализа и моделирования экспериментальных исследований с использованием информационных технологий и прикладных программ для ЭВМ;

– приобретение умений выбора и использования методов и моделей теории вероятностей и математической статистики для решения задач в области профессиональной деятельности.

Существует множество математических пакетов, которые успешно можно использовать при изучении рассматриваемой дисциплины.

На лабораторных работах исследование и моделирование реальных процессов и явлений выполняется на компьютере с использованием прикладных программ: MS Excel, MatLab, Matrix, Statistica [3] .

Базовые занятия проводятся в MS Excel. По отдельным темам предлагается выполнять работу в других пакетах и сравнивать интерфейс ввода данных, алгоритм выполнения и формат протокола представления полученных результатов в нескольких программах.

Пакет Matrixer предназначен для анализа и обработки данных, проведения эконометрических и статистических расчетов. Основной тип объектов – матрицы (вектор рассматривается как одномерная матрица). Имеется возможность обмена данными с электронными таблицами Excel.

Использование возможностей пакета Matrixer 5.1 для выполнения, например множественного корреляционного и регрессионного анализа позволило сравнить выполнение этого анализа с результатом в MS Excel и сделать соответствующий вывод об удобстве работы с матрицами.

Во многих бизнес-сценариях существует сезонная закономерность, которую желательно учитывать при прогнозе.

Например, в новой редакции Excel 2016 появилась функция – лист прогноза, которая использует алгоритм экспоненциального сглаживания (ETS). Это один из популярных способов прогнозирования, который уже стал отраслевым стандартом. Одно из главных преимуществ метода ETS – возможность обнаруживать сезонные закономерности и доверительные интервалы. Комплексный результат представляется в одном окне, что очень удобно и информативно (рис. 1).

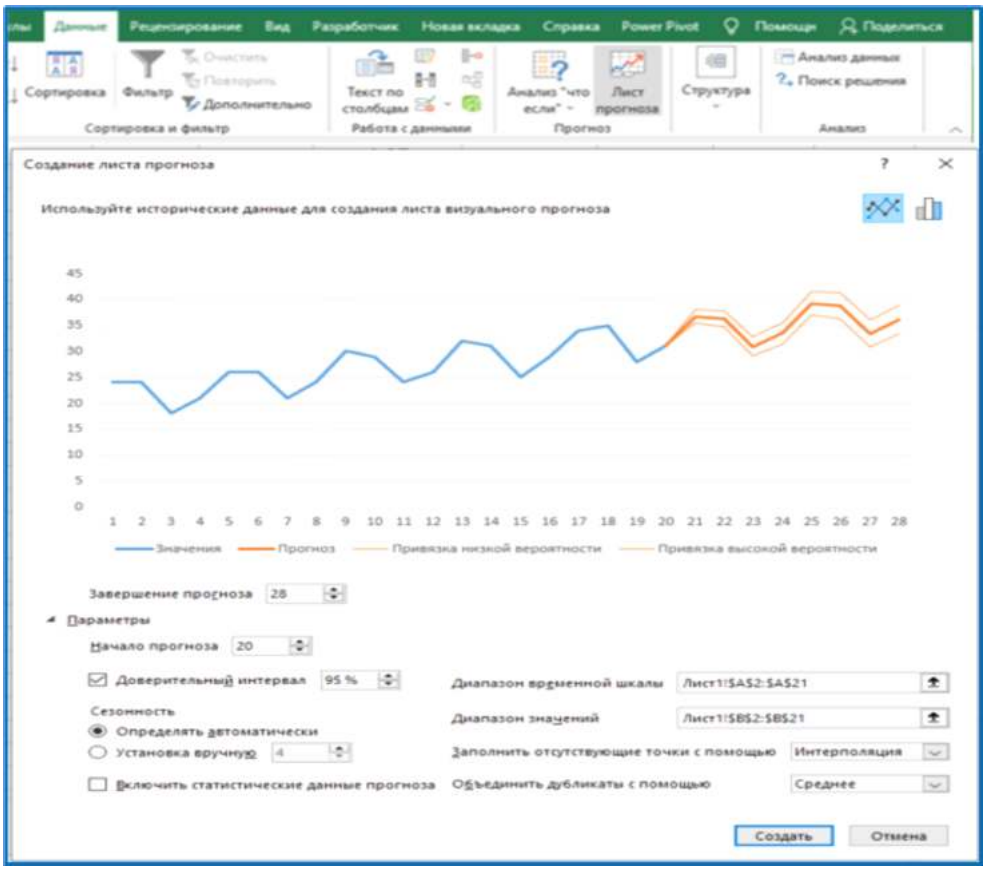


Рис. 1. Результаты прогноза в Excel

Программный пакет Statistica позволяет легко импортировать данные из практически любых форматов, как табличных (Excel, Quattro Pro), так и реляционных (MsSQL, ORACLE). При этом информация не теряет свою организацию и будет донесена до исследователя в «исходном» виде.

Решение вероятностных и статистических задач представляется таблицами и сопровождается большим количеством графиков разного формата. В Statistica имеется огромное количество статистических функций, а также специальных модулей. Например для исследования задач прогнозирования в зависимости от погодных условий удобно применить диаграммы размаха для наглядного анализа результатов (рис. 2).

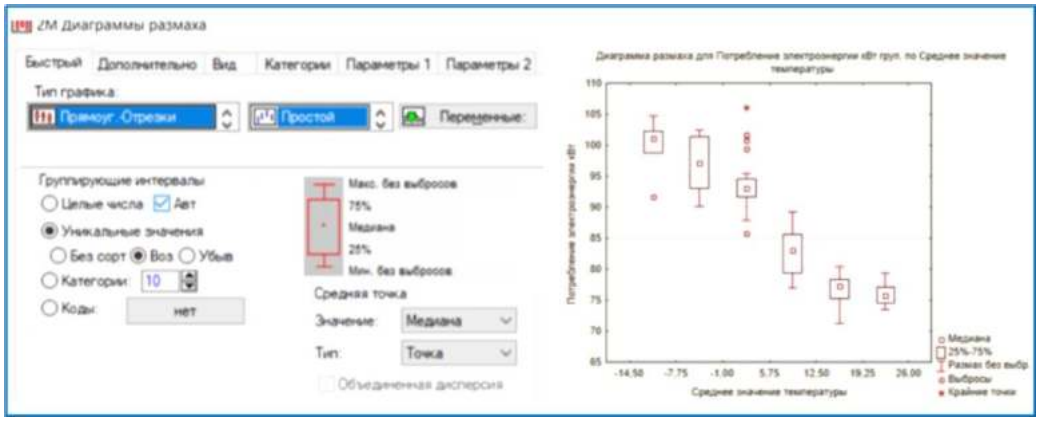


Рис. 2. Диаграммы размаха

В каждом из кратко рассмотренных пакетов есть базовые инструменты для решения и свои специальные функции удобные для конкретных задач.

Таким образом, применение различных информационных технологий в процессе изучения дисциплины позволяет формировать компетенции, необходимые для решения инженерных задач в профессиональной деятельности [4, 5].

Источники

1. Трухан А.А., Кудряшев Г.С. Теория вероятностей в инженерных приложениях [Электронный ресурс]: учеб. пособие. СПб.: Лань, 2022. 368 с. URL: https://e.lanbook.com/book/211841(дата обращения: 25.10.2022).

2. Будникова И.К., Приймак Е.В. Интеграция электронного образовательного ресурса нового поколения в современное образование // Вестник Технологического университета. 2017. Т. 20. № 8. С. 104–106.

3. Информационные технологии в образовании [Электронный ресурс]: учеб. / М.И. Баранова [и др.]. СПб.: Лань, 2022. 296 с. URL: https://e.lanbook.com/book/212435 (дата обращения: 03.11.2022)

4. Голубцов Н.В., Нищёнков А.В., Фёдоров О.В. Управление развитием науки и образования в аспекте публикационной активности университетов // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2019. Т. 11, № 3 (43). С. 116–121.

5. Барзов А.А., Пузаков В.С., Ахметова И.Г. Вероятностно-стоимостная модель оптимизации этапов проектирования и экспертизы их качества по технико-экономическому критерию // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2021. Т. 13, № 3 (51). С. 189–198.

УДК 378

МЕТОДЫ ПРЕПОДАВАНИЯ ПРОФИЛЬНЫХ ДИСЦИПЛИН В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Валеев Аяз Ильнурович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
wotaaiaz@gmail.com

В работе описаны современные методы образования профильных дисциплин в технических высших заведениях, а также показаны примеры для повышения качества преподавания в университетах.

Ключевые слова: университет, качество образования, преподавание

METHODS OF TEACHING PROFILE DISCIPLINES IN HIGHER INSTITUTIONS OF ENGINEERING EDUCATION

Valeev Ayaz Ilnurovich
Kazan State Power Engineering University, Kazan
wotaaiaz@gmail.com

The article describes modern methods of education of specialized disciplines in technical higher institutions, and also shows examples for improving the quality of teaching at universities.

Keywords: university, quality of education, teaching.

Процесс взаимодействия между преподавателями и студентами, в результате которого происходит передача и усвоение знаний, умений, навыков, компетенций, предусмотренных содержанием обучения, содержанием образовательной программы, федеральными государственными образовательными стандартами и другими формами контроля качества образования составляют каркас для формирования будущей профессии выпускника [2].

По сложившейся традиции в отечественной педагогике методы обучения подразделяются на три группы:

1) методы осуществления и организации учебно-познавательной деятельности:

– практические (по источнику подаваемого материала);

– репродуктивные: поисковые, исследовательские, объяснительно-иллюстративные, проблемные и др. (по характеру подаваемого материала);

– дедуктивные и индуктивные (по логике изложения и восприятия учебного плана);

2) методы контроля за эффективностью и качеством учебно-познавательной деятельности:

– письменные проверки и устные задания [4];

– самопроверки результативности овладения материалом, умениями и навыками;

3) методы стимулирования учебной деятельности:

– поощрения для формирования мотивации у обучающихся;

– чувства ответственности за выполнение задания;

– появлении интересов в овладении умениями и навыками.

Для обобщения и усовершенствования этих навыков, приобретенных в ходе обучения, используют практику методологии.

Главная цель методологии – изучение методов, средств и приемов, с помощью которых формируется новое знание в науке. Однако, кроме этой основной задачи, методология изучает структуру научного знания в целом, место и роль в нем различных форм познания и методы анализа и построения различных систем научного знания [1]. Предметом исследования теории и методики обучения профессиональным дисциплинам в высших учебных заведениях является методическая система обучения в профессиональном образовании и методическая деятельность квалифицированного преподавателя дисциплины. Такая система обучения представляет собой иерархию из пяти компонентов преподавания: целей, методов, средств, организационных форм обучения и содержания. Это упорядоченная форма контроля за обучающимися, направленная на совершенствование их образовательного процесса.

Методика изучения профильных дисциплин делится на несколько составляющих:

1) необходимо, прежде всего, формировать научные основы, базу для освоения новых технологий.

2) основой понимания направления обучения в целом являются базовые предметы, такие как математика, философия, история, психология и другие, рассматриваемые в курсе [3].

Методика обучения профильным дисциплинам:

1) обучение строится по принципу «от простого к сложному», для более корректного восприятия материала;

2) обязателен зрительный контакт между преподавателем и студентом;

3) изучения от практических использование полученных теоретических материалов на практике, для использования их при решении задач и т. д. Кроме того, необходимо своевременно менять время обучения от теории к практике. Студенты не должны решать задачи, теоретических сведений к которым у них нет.

Так, следуя новым методам и подходам в образовании высших учебных заведений, корректируя многолетний опыт отечественного и зарубежного высшего технического образования, можно добиться более качественного результата и профессиональной пригодности студентов [5].

Источники

1. Коржуев А.В., Попков В.А. Научное исследование по педагогике. Теория, методология, практика. М.: Трикста: Академический Проект, 2008. 287 с.

2. Липский И.А. Социальная педагогика. Методологический анализ : учеб. пособие. М.: Творч. Центр Сфера, 2004. 316 с.

3. Методика оценки научно-технического потенциала аграрной науки / И.С. Санду [и др.]; под ред. И.Г. Ушачева и И.С. Санду. М., 2005. 40 с.

4. Мусс Г.Н. Научное исследование в педагогике: методология, теория, практика: учеб.-метод. пособие. Оренбург, 2019. 140 с.

5. Рузавин Г.И. Методология научного исследования: учеб. пособие для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 1999. 317 с.

УДК 001.8:537.32

МЕТОДИКА ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «ИЗУЧЕНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ»

Ворсин Николай Николаевич[1], Величко Любовь Алексеевна[2],
Кушнер Татьяна Леонидовна[3]
[1,2,3]УО «БрГТУ», г. Брест
[1]vorsin@hotmail.com, [2]phys@bstu.by

В статье описана методика лабораторной работы «Изучение термоэлектрических явлений», в которой управление измерениями и обработка результатов эксперимента проводятся с помощью компьютера. Благодаря такому подходу обучающиеся могут больше времени уделить изучению физических явлений, лежащих в основе эксперимента.

Ключевые слова: лабораторная работа, методика, компьютеризация измерений, эффективность.

METHODOLOGY OF LABORATORY WORK «STUDY OF THERMOELECTRIC PHENOMENA»

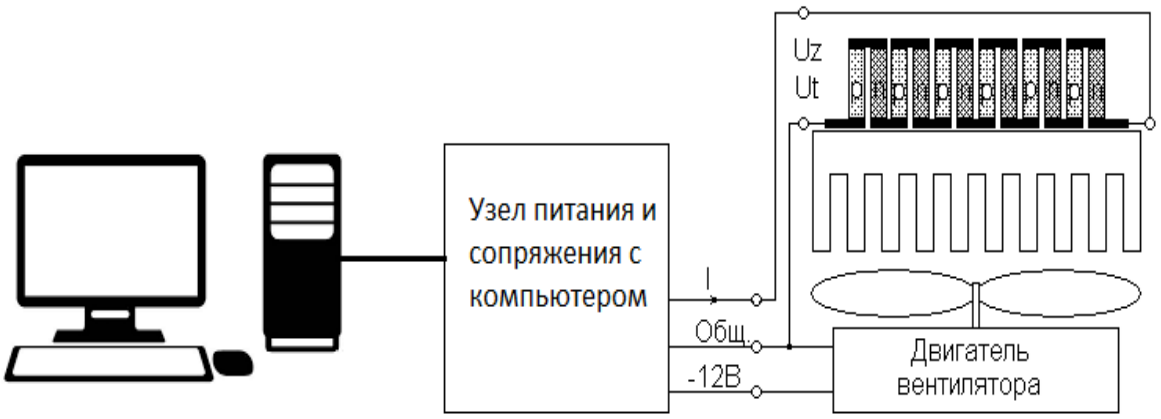
Vorsin Nikolai Nicolaevich[1], Velichko Lubov Alekseevna[2],
Kushner Tatsiana Leonidovna[3]
[1,2,3]BrSTU, Brest
[1]vorsin@hotmail.com, [2]phys@bstu.by

The article describes the methodology of laboratory work “Study of thermoelectric phenomena”, in which measurements control and processing of experimental results are carried out using a computer. Thanks to this approach, students can spend more time studying the physical phenomena underlying the experiment.

Keywords: laboratory work, methodology, computerization of measurements, efficiency.

Работа студента в физической лаборатории подчинена определенному алгоритму. Выполнение лабораторной работы начинается с изучения ее технического оснащения. Студент должен освоить элементы установки, связи между ними, методику работы на конкретных измерительных приборах. После соответствующей регистрации результатов эксперимента и их обработки следует проанализировать полученные зависимости, сделать вывод о закономерностях, проявившихся в выполненных опытах.

Предлагается вариант лабораторной работы по изучению физико-энергетических основ термоэлектрических процессов (см. рисунок). Мы не излагаем технических приложений теории, но стремимся подготовить студентов к непосредственному изучению прикладных возможностей явлений Зеебека [1, с. 454; 2, с.465] и Пельтье [1, с. 460; 2, с. 477].



Структурная схема лабораторной установки для изучения термоэлектрических явлений

Узел питания и сопряжения с компьютером позволяет пропускать через исследуемую термобатарею, состоящую из последовательно соединенных термоэлементов, постоянный ток и наблюдать эффект Пельтье, который проявляется как ощутимое пальцем охлаждение верхней поверхности батареи. В лабораторной установке термобатарея прижата нижней поверхностью к радиатору, который обдувается вентилятором. Благодаря этому нижняя поверхность имеет температуру близкую к комнатной.

Эффект Зеебека и оценка величины термоэдс осуществляется путем нагрева верхней поверхности батареи пальцем руки. Величина термоэдс U_T наблюдается на мониторе компьютера. Зная температуру пальца T_1 и комнатную температуру T_2, можно вычислить коэффициент термоэдс:

$$\alpha = \frac{U_T}{T_1 - T_2}.$$

Реализация условий для наблюдения эффекта Пельтье достигается пропусканием через исследуемую термобатарею постоянного тока. Одновременно измеряется напряжение на батарее U_Z и возникающая вследствие разности температур термоэдс – U_T, для измерения которой ток через батарею кратковременно автоматически выключается. Оба измеряемых напряжения и величина тока индицируются в виде графиков на мониторе компьютера, с которого также осуществляется управление током. Для записи текущих значений тока и напряжений в специальном файле «actual.dat.» применяется команда «запомнить».

Используя полученные графики в области линейной зависимости U_Z от I и накопленные данные из файла, можно рассчитать при токе I термоэлектрическую эффективность (фактор добротности) исследуемой батареи:

$$z = \frac{4U_T}{T_2 \cdot (U_Z - U_T) - \dfrac{(U_Z - U_T)^2}{2\alpha}}.$$

Проблема термоэлектричества в приборостроении касается не только добротности термоэлектрического материала, но и рационального применения известных явлений для создания усовершенствованных, более эффективных термоэлементов: термоэлектрических генераторов электрической энергии, холодильных термоэлектрических устройств [3, с. 56] и т. д.

Предлагаемая лабораторная работа дает студентам возможность сопоставить теоретические аргументы [4, с. 22] с экспериментальными фактами. Используемое в методических указаниях изложение теории, а также компьютеризация процессов измерения и обработки полученных результатов способствуют усилению междисциплинарных связей в инженерном образовании и повышению качества подготовки специалистов [5, с. 693].

Источники

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики: учеб.: в 5 т. 4-е изд., стер. М.: Изд-во МФТИ, 2009. Т. 3. 656 с.

2. Поль Р.В. Учение об электричестве / пер. с нем. 2-е изд. М.: Физматлит, 1962. 516 с.

3. Дмитриева О.С., Дмитриев А.В. Система охлаждения масляного трансформатора с применением термоэлектрических модулей // Проблемы энергетики. 2015. № 11/12. С. 56–59.

4. Термоэлектрические генераторы / под ред. А.Р. Регеля. 2-е изд., пер. и доп. М.: Атомиздат, 1976. 318 с.

5. Новые тенденции и перспективы в совершенствовании качества преподавания физики в техническом вузе / Т.Л. Кушнер [и др.] // Информационные и инновационные технологии в науке и образовании: матер. V Всерос. науч.-практ. конф. Ростов-на-Дону, 2020. С. 693–694.

УДК 30(072)

ИНВАРИАНТЫ КОМПЕТЕНЦИЙ ИНЖЕНЕРА

Гайнутдинова Диляра Фаритовна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
gaynutdinova2018@bk.ru

В статье рассмотрены зарождение инженерных профессиональных компетенций на начальном этапе обучения, стабилизация воспринимаемых компетенций, расширение и обогащения усвоенных компетенций посредством прохождения практик и началом поиска новой работы.

Ключевые слова: техносфера, профессиональные компетенции, инженерная деятельность, инвариантный компонент инженерной компетенции.

INVARIANTS OF ENGINEER COMPETENCIES

Gainutdinova Dilyara Faritovna
Kazan State Power Engineering University, Kazan
gaynutdinova2018@bk.ru

The article considers the emergence of engineering professional competencies at the initial stage of training, stabilization of perceived competencies, expansion and enrichment of acquired competencies through practical training and the beginning of a new job search.

Keywords: technosphere, professional competencies, engineering activity, invariant component of engineering competence.

Инженерное образование заключается в трех основных составляющих: глубокая практическая подготовка на реальной производственной работе студентов; изучение теоретических предметов на высоком научном уровне; постоянная связь высшей школы с промышленностью. В современных условиях знания и умения как единицы образовательного результата недостаточны. Важна способность применять знания и умения для разрешения конкретных ситуаций и проблем, возникающих в реальной профессиональной деятельности.

Инженерная деятельность создает техносферу, искусственную оболочку Земли, воплощающую труд, организованный научно-техническим разумом, через инженерное изобретательство, конструирование, проектирование в рамках которой создается техника.

Основными компетенциями бакалавра инженерно-технического направления «Теплоэнергетика и теплотехника» считаются – информационно-исследовательские, включающие получение и обработку информации, организацию консультаций с экспертом (научное обоснование

разработки), обсуждение различных подходов к решению производственных вопросов и их оптимизацию, составление характеристики эффективности разработки [1]. Индикаторами профессионального становления выпускников становится овладение социально-личностными компетенциями, коммуникативными, личностно-адаптивными, компетенциями сотрудничества [2]. Кластеры компетенций бакалавра в таблице.

Кластеры компетенций бакалавра – инженера ФГОС ВПО 3-го поколения

<table>
<tr><td colspan="2">Общепрофессиональные компетенции. Информационно-исследовательские</td><td colspan="2">Универсальные компетенции. Социально-коммуникативные</td></tr>
<tr><td colspan="4">Инварианты компетенций</td></tr>
<tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr>
<tr><td>Работа с информацией</td><td>Оптимизация подходов к решению задач</td><td>Деловое общение</td><td>Сотрудничество</td></tr>
<tr><td colspan="2">Личностные компетенции</td><td colspan="2">Операционно-технологические компетенции</td></tr>
<tr><td colspan="4">Инварианты компетенций</td></tr>
<tr><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td></tr>
<tr><td>Личное саморазвитие</td><td>Сохранение здоровья</td><td>Безопасное условие жизнедеятельности</td><td>Проектирование и внедрение разработок</td></tr>
<tr><td colspan="4">Профессиональные компетенции</td></tr>
<tr><td colspan="4">Инварианты компетенций</td></tr>
<tr><td colspan="2">9</td><td colspan="2">10</td></tr>
<tr><td colspan="2">Составление программ исследования разработок</td><td colspan="2">Ресурсосбережение</td></tr>
</table>

Ресурсосбережение как инвариантный компонент инженерной компетентности должен быть отражен в содержании уровневого инженерного образования. Важным аспектом является мотивация студентов к освоению бережливых технологий в образовательном процессе вуза [3].

Ресурсосбережение, как задача профессионально- и проблемно-ориентированная входит в инвариантный компонент инженерной компетенции. Постановка и решение инновационных задач ресурсосбережения

является неотъемлемой частью проектно-конструкторской, организационно-управленческой, научно-исследовательской профессиональной деятельности будущего бакалавра инженерно-технического направления подготовки. В целях установления наиболее общих требований к компетенциям ресурсосбережения, которые могли бы дополнить образовательную программу бакалавриата «Автономные энергосистемы», проведен анализ общих требований ресурсосбережения в энергетике. Ресурсосбережение в энергетике предполагает внедрение инновационных технологий в области водородной энергетики.

Таким образом, формирование профессиональных компетенций при подготовке инженерных кадров базируется на создании и реализации научно-образовательных программ, отвечающих современным требованиям высокотехнологичной промышленности. При этом особое значение приобретают компетенции, имеющие прикладной характер выраженную инновационную (научно-исследовательскую) составляющую, что особенно востребовано современным промышленным производством энергии.

Источники

1. Абрамова Л.В. Введение в инженерную деятельность: учеб. пособие. Архангельск: САФУ, 2017. 120 с.

2 Гайнутдинова Д.Ф. Фундаментализация инженерного образования как интеграция естественнонаучного и профессионального знания // Актуальные проблемы интеграции науки и образования в регионе : Матер. Всерос. науч.-практич. конф. (с междунар. участием). Бузулук, 2020. С. 421–424.

3. Белоновская И.Д., Манакова О.С., Цветкова К.Е. Инновационные задачи ресурсосбережения в теории и практике инженерной подготовки будущих бакалавров: моногр. Оренбург: ОГУ, 2015. 236 с.

4. Зиятдинова Ю.Н. Теория и практика интернационализации инженерного образования в национальном исследовательском университете: моногр. Казань: КНИТУ, 2016. 340 с.

УДК 159.9.072

К ВОПРОСУ О БУЛЛИНГЕ В МОЛОДЕЖНОЙ СРЕДЕ (НА ПРИМЕРЕ СТУДЕНТОВ ПЕРВОГО КУРСА КГЭУ)

Гильмутдинова Зарина Альбертовна[1], Слесаренко Зарина Ринатовна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]z-gilmutdinova@bk.ru, [2]rzarina78@mail.ru

Статья посвящена рассмотрению социально-психологической и педагогической проблемы травли среди молодых людей. Проведен теоретический анализ понятия буллинга в зарубежных и отечественных исследованиях и диагностическое исследование среди студентов КГЭУ, направленного на выявление представлений студентов о буллинге, степени его распространения в среде подростков, а также собственном опыте участия в этом явлении и возможных способах его преодоления.

Ключевые слова: буллинг, насилие, психологический буллинг, жертва, агрессор, наблюдатель, жертва буллинга.

ON THE ISSUE OF BULLYING IN THE YOUTH ENVIRONMENT (ON THE EXAMPLE OF FIRST-YEAR STUDENTS OF KSEU)

Gilmutdinova Zarina Albertovna[1], Slesarenko Zarina Rinatovna[2]
[1,2] Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]z-gilmutdinova@bk.ru, [2]zarina78@mail.ru

The article is devoted to the consideration of the socio-psychological and pedagogical problem of bullying among young people. A theoretical analysis of the concept of bullying in foreign and domestic studies and a diagnostic study among KSEU students aimed at identifying students ideas about bullying, the extent of its spread among adolescents, as well as their own experience of participating in this phenomenon and possible ways to overcome it.

Keywords: bullying, violence, psychological bullying, victim, aggressor, observer, victim of bullying.

В последнее время буллинг приобретает особую актуальность и значимость. Каждый человек независимо от возраста, сам того не замечая, хотя бы раз в жизни сталкивался с буллингом. Об этом свидетельствуют проведенные опросы среди молодых людей, в ходе которого выяснилось, что более 70 % опрашиваемых были подвергнуты различного рода травле (насилию) [3].

Самым сложным и противоречивым этапом развития личности наблюдается у молодых людей на раннем этапе (14–20 лет). Именно в этот период у них происходят физические и психологические изменения,

расширяется социальная активность, поиск своего «Я», выделение себя среди толпы, наблюдается борьба за лидерство и неизбежные конфликты. Все это приводит к непониманию, агрессии, нападкам, травле и насилию. В этом случае необходимо предупреждать и пресекать любые попытки проявления буллинга среди молодых людей.

Цель нашего исследования заключается в изучении явления буллинга, выявления его основных причин среди молодых людей. Для этого необходимо провести опрос среди студентов первого курса КГЭУ на предмет выявления проблемы травли у испытуемых.

Буллинг в переводе с английского означает травить, запугивать, задирать – это целенаправленное измывательство над человеком, выраженное преследованием, травлей. Данное социальное явление часто встречается в различных сообществах, например, в школах. Оно несет за собой череду ужасных последствий для всех участников конфликта: от различных комплексов до суицида. Для жертвы – это появление депрессии, отрешенность от окружающего мира, сомнительные компании, а для агрессора – всеобщая ненависть, неумение общаться с людьми.

Само понятие «буллинг» было введено Даном Ольвеусом в 1993 г. Оно понималось как преднамеренное систематически повторяющееся агрессивное поведение [1]. Проблемами буллинга также занимались такие исследователи, как Д. Лейн и Э. Миллер, охарактеризовавшими буллинг как длительный процесс сознательного психического и физического отношения одного ученика (группы детей) к другому ребенку (детям) [1]; Петер Пауль Хайнеманн опубликовал научную статью о травле. Шведский школьный врач изучал взаимодействие преследователя и жертвы, а также отношения людей внутри группы преследователей. Затем П. Хайнеманн совместно с Анатолием Пикасом работали над закономерностями и особенностями поведения преследователей в буллинге. Уже с 1990-х появляется особый интерес среди исследователей в области буллингвизма: проводятся различные конференции (Норвегия), открываются центры (Ирландия, Канада), создаются научно-исследовательские программы и т.п. Исследователи разрабатывают различные профилактические меры по вопросам борьбы с нападками и антисоциальным поведением (теория Д. Ольвеуса).

В России о буллинге впервые заговорил И. Кон [2]. Несмотря на распространённость проблемы в современном мире, исследований, посвящённых этой теме, на территории Российской Федерации практически нет.

Причинами насилия являются: зависть, наличие низкой самооценки, неумение постоять за себя, психологические или физические отклонения, конфликт интересов. Чаще всего буллинг встречается в школе, где жертва подвергается издевательству, психологическому и физическому насилию.

Травля выражается в двух основных формах:

– психологическая (распускание неверной информации, размещение персональных данных в открытых источниках, насмешки, шантаж; издевки, оскорбления и т. д.);

– физическая (поступки, допускающие физический контакт агрессора и жертвы, порча собственности, действия, наносящие телесный вред). Стоит отметить, что физический буллинг в то же время является и психологическим, так как любые отрицательные воздействия на личность, в первую очередь, оказывают давление на его психику. Так у человека может снизиться самооценка или измениться самовосприятие.

Проблема травли и нападков осуществляются в разных формах, например, киберлуллинг – это постоянное психологическое влияние на человека при помощи цифровых технологий. Этому вопросу будет посвящено следующее наше исследование.

В качестве жертвы буллинга чаще всего выступают слабые, незащищенные личности, которые не в силах постоять за себя. Преследователей отличает желание причинять вред и насилие. Главным их мотивом является желание показать свой авторитет и свое превосходство. Большая часть участников буллинга являются свидетелями, которые испытывали страх, беспомощность и стыд и таким образом присоединялись к агрессору [4].

Для выявления распространенности буллинга среди студентов первого курса Казанского государственного энергетического университета в ЭПТ-1-22 группе было проведено исследование, в котором приняли участие 30 человек. На вопрос «Сталкивались ли Вы в своей группе когда-нибудь с буллингом?» 21 человек из опрошенных ответили положительно (70 %). Над 43 % (13 человек) в группе случались насмешки; а 13 % опрошенных испытали унижения через социальные сети. Однако на вопрос «Можно ли утверждать, что у вас дружная группа?» большая часть испытуемых ответили утвердительно – 83,3 % (25 человек).

По итогам анкетирования можно сделать общий вывод, что в данной группе большинство учащихся сталкивалось с феноменом буллинг до поступления в КГЭУ, однако в период обучения в группе, серьезных нападок и травли в отношении отдельных лиц не испытывали.

Таким образом, буллинг – это систематическая травля, наносящая колоссальный вред как самой жертве, так и обидчику. Это системное явление, которое демонстрирует установление и укрепление общественной иерархии: так агрессор повышает свой статус среди других, а у пострадавшего – понижает. Последствия данного социального явления сказываются на человеке как физически, так и психологически.

Источники

1. Бочавер А.А., Хломов К.Д. Буллинг как объект исследований и культурный феномен [Электронный ресурс] // Психология. Журнал Высшей школы экономики. 2013. Т. 10. № 3. С. 149–159.

2. Кон И. С. Что такое буллинг и как с ним бороться? // Семья и школа. 2006. № 11. С. 15–18.

3. Что такое буллинг, кто в нем участвует и каковы его последствия? [Электронный ресурс]. URL: https://www.b17.ru/article/bullying_what_itis/ (дата обращения: 02.11.22).

4. Kowalski R.M., Limber S.P., Agatston P.W. Cyberbullying: Bullying in the digital age. N.Y.: Wiley-Blackwell, 2011. 284 p.

УДК 371.8

РЕЙТИНГОВАЯ ОЦЕНКА ЗНАНИЙ И КОМПЕТЕНЦИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ФИЗИКЕ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Гладковский Виктор Иванович[1], Пинчук Александр Иванович[2],
Кушнер Татьяна Леонидовна[3]
[1,2,3]Брестский государственный технический университет, г. Брест
[1]vig4540@ya.ru

В статье предлагается рассматривать рейтинговую систему оценки знаний и компетенций обучающихся по физике как фактор повышения качества инженерного образования.

Ключевые слова: рейтинговая система оценки знаний и компетенций, качество инженерного образования.

RATING ASSESSMENT OF STUDENTS' KNOWLEDGE AND COMPETENCIES IN PHYSICS AS A FACTOR TO IMPROVE THE QUALITY OF ENGINEERING EDUCATION

Gladkovsky Victor Ivanovich[1], Pinchuk Alexander Ivanovich[2],
Kushner Tatiana Leonidovna[3]
[1,2,3]BrSTU, Brest, Republic of Belarus
[1]vig4540@ya.ru

The article proposes to consider the rating system of knowledge and competence assessment of students in physics as a factor in improving the quality of engineering education.

Keywords: rating system of knowledge and competence assessment, quality of engineering education.

Ускорение темпов научно-технического прогресса, возрастание количества новой научной информации и сокращение времени от научного открытия до его технологической реализации является определяющим условием изменения содержания образования, методики преподавания и организации обучения в сфере высшего инженерного образования [1, с. 131].

В основе инновационного развития техники лежит знание законов функционирования соответствующих технических систем. Многие из них связаны с физикой либо прямо, либо опосредовано [2, с. 11].

На кафедре физики учреждения образования «Брестский государственный технический университет» разработан и испытан регламент стимулирующего рейтингового подхода к оценке знаний и компетенций учащихся, учитывающий дифференцированные критерии оценки результатов учебной деятельности студента [3, с. 8].

Наш многолетний опыт показал, что систематическое использование многоуровневых по сложности расчётно-графических работ, которые позволяют учесть индивидуальные особенности учащегося и последующий учет рейтинговой оценки на итоговой аттестации позволяют добиться высокого уровня самостоятельной подготовки, появлению атмосферы соревнования внутри академической группы, а, значит, и высокого качества обучения [4, с. 119]. Применение рейтингового подхода также позволяет достичь надлежащей организации контроля результатов учебной деятельности. Такой контроль наиболее рационально проводить в форме индивидуальных тестовых заданий, которые помогают осуществить дифференциацию студентов по уровню их подготовки. Кроме того, самостоятельный выбор уровня сложности выполняемых заданий способствует выстраиванию индивидуальной траектории обучающихся в освоении изучаемой дисциплины и реализует личностный подход в учебном и педагогическом контексте [5, с. 126]. Тестовые задания предлагаются либо в электронном варианте, либо в виде приложений к лабораторным и практическим занятиям. Рейтинговая система оценки учебной деятельности студентов используется практически во всех дисциплинах, преподаваемых на кафедре физики.

Согласно локальным нормативным актам БрГТУ результаты внутрисеместровой аттестации студентов учитываются при проведении итоговой аттестации, например, путём сложения рейтинговой и итоговой аттестационной оценки с учётом соответствующих весовых коэффициентов.

В современном обществе очень важную, и, может быть, ключевую роль играет качество образования человека. Основными направлениями развития национальных систем образования во всем мире являются принятые Организацией Объединенных Наций Цели устойчивого развития до 2030 года в области образования, предусматривающие обеспечение всеохватного и справедливого качественного образования.

Источники

1. Российская педагогическая энциклопедия: в 2 т. / гл. ред. В.В. Давыдов. М.: Изд-во «Большая российская энциклопедия», 1993–1999. Т. 2. 861 с.

2. Кирсанов А.А. Индивидуализация учебной деятельности как педагогическая проблема. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1982. 224 с.

3. Гладковский В.И. Рейтинговые технологии в учебном процессе высшей школы. Минск: Изд-во Национал. ин-та образования, 2002. 144 с.

4. Обеспечение качества подготовки специалистов в техническом вузе с помощью модульно-рейтинговой системы обучения и контроля / Т.Л. Кушнер [и др.] // Высшее техническое образование: проблемы и пути развития: сб. ст. X Междунар. науч.-метод. конф. Минск, 2020 г. С. 119–122.

5. Гладковский В.И., Кушнер Т.Л. Самоопределение личности как условие реализации целей устойчивого развития // Экологическое образование и устойчивое развитие. Состояние, цели, проблемы и перспективы: матер. Междунар. науч.-метод. конф. Минск, 2021. С. 126–128.

УДК 316.7

ТЕХНОФОБИЯ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

Зайцева Марина Владимировна[1], Слесаренко Зарина Ринатовна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]de_vill_101@mail.ru, [2]rzarina78@mail.ru

Использование современной техники и технологии в повседневной жизни сегодня является неизбежной реальностью. У некоторых людей появляется страх или неприязнь к передовым технологиям или сложным электронным устройствам – технофобия. Исследование такого понятия как технофобия и отношение человека к современным новшествам является актуальным для понимания социокультурных и психологических изменений механизмов в обществе.

Ключевые слова: технофобия, страх, боязнь, техника, технологии, человек.

TECHNOPHOBIA IN THE MODERN WORLD

Zaytseva Marina Vladimirovna[1], Slesarenko Zarina Rinatovna [2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]de_vill_101@mail.ru, [2]rzarina78@mail.ru

The use of modern technology and technology in everyday life today is an inevitable reality. Some people have a fear or dislike of advanced technologies or sophisticated electronic devices – technophobia. The study of such a concept as technophobia and a person's attitude to modern innovations is relevant for understanding socio-cultural and psychological changes in mechanisms in society.

Keywords: technophobia, fear, fear, technique, technology, person.

Современный мир трудно представить без электронных устройств и новых технологий. Человек использует их в разных целях (в медицине, образовании, на производстве и пр.). Однако внедрение и использование различных технологии приносит как положительные, так и отрицательные результаты. Основная масса людей пользуется ими по полной программе. Однако оказалось, что появились и люди, которые не только отрицают современные новшества и технологии, но даже боятся их.

В науке появился термин «технофобия», что в переводе с греческого языка дословно означает боязнь искусства. Технофобия – это страх или неприязнь к передовым технологиям или сложным электронным устройствам [2]. Страх перед техническим прогрессом вообще. Одна из причин боязни технологий – отчужденность человека от природы и от самого себя, угрожающая его собственному существованию [1].

Технофобия – это представление человека, выражающая через негативное отношение к технике и всему новому. Оно зародилось в истории человечества вместе с самой техникой. Так, в традиционном обществе (например, в поселениях рыбаков на островах Полинезии) передача культурного опыта (ценностей, умений, верований и т.п.) осуществлялась по вертикальной линии – от старшего поколения к младшему [3]. Тогда единственно возможной стратегией адаптироваться к миру, было узнавать и повторять культурный опыт от старшего поколения, которые смогли выжить. Внедрение новых технологий в подобном обществе будет идти медленно, потому что ими должны сначала овладеть старшее поколение.

В индустриальном обществе (например, во времена Советского Союза) новые технологии осваивались новым поколением параллельно со старшим. От бабушки, участницы революции, до внука, участника диссидентского кружка, все в семье учатся переключать каналы на только что купленном телевизоре. Старшее поколение не знает о новых технологиях и не может ими пользоваться, поэтому они проходят процесс обучения вместе. Передача культурного опыта осуществляется через сверстников.

В постиндустриальном обществе (развитые страны XXI века) передача новых знаний осуществляется через младшее поколение, которое обучает старших использовать современные технологии в жизни. Процесс внедрения современных устройств происходит гораздо быстрее, за исключением некоторых лиц взрослого населения (в основном это люди пожилого возраста). Часто можно заметить молодежь с последними моделями смартфонов, а их бабушек с кнопочными телефонами. Наблюдается прямо противоположная картина – свой опыт использования современных устройств младшее поколение передает старшему поколению. И в этом, на наш взгляд, одна из причин появления страха (боязни). Во-первых, утрачиваются традиционные способы общения между поколениями из-за внедрения огромного количества современных устройств в жизни человека; во-вторых, старшее поколение ощущает себя невостребованным, ненужным, бесполезным; в-третьих, старшее поколение боится свои утратить авторитет и контроль перед молодым поколением [4].

Итак, причины технофобии в современном мире следующие:

1. Психологическая проблема – страх внедрения новых техник и технологий, способствующий разрыву между поколениями и утратой авторитета и контроля старшим поколением над младшим.

2. Невежество человека – недостаточное осведомленность об устройстве техники. Нередко человек выполняет рутинную привычную работу, которую он привык делать, не задумываясь о тонкостях этой работы и опасности. Так, например, Мария Кюри и Андре Дебьерн в 1910 г. открыли радий, элемент, который являлся опасным для человека, но он тогда об этом не догадывался. Известно, что на американской корпорации United States Radium Corporation в городе Ориндж, Нью-Джерси, в 1917–1926 годы работали девушки, которые занимались окраской стрелок и циферблатов часов радиолюминесцентной краской. Их называли «радиевые девушки» (англ. Radium Girls). Другой пример, в 1900–1930-е гг., когда развивались телефоны, люди полагали, что разговоры на расстоянии могут разрушить живое общение. На самом деле телефон только укреплял связи между людьми. Также существовало опасение, что телефон может нанести вред семье, окружающим людям. Даже появлялись газетные заметки на тему: «Разрушает ли телефон домашнюю жизнь и старую практику посещать друзей?» [5].

3. Ощущение угрозы – страх, что жизненное положение ухудшиться. Например, полная потеря конфиденциальности, риск замена рабочей силы машинами.

4. Враждебные или агрессивные установки в отношении технологий.

Следует понимать, что использование современной техники и технологии в повседневной жизни на сегодняшний день является неизбежной реальностью. Технофобия – это страх или неприязнь человека к передовым технологиям или сложным электронным устройствам. Существует несколько причин технофобии. Однако самая главная из них, на наш взгляд, это возникновение разрыва между поколениями и утратой авторитета и контроля старшим поколением над младшим. Ибо необходимо сохранять культурные и современные достижения общества, а также культурно-исторический опыт, сохраняющийся в социальной и культурной памяти людей.

Технофобия преследует человечество на протяжении последних веков. Однако, на наш взгляд, в ближайшем будущем отношение к новым технологиям может измениться, поскольку в последние пару лет не наблюдается существенных изменений в изобретениях. Телефоны, искусственный интеллект, автоматически зашнуровывающие кроссовки, беспилотные автомобили, роботы пылесосы, реактивные ранцы уже существуют на данный момент и, наблюдая за рынком техники, можно заметить, что ничего уникально нового не появляется. На данный момент изобретены уже многие аппараты, которые предсказывали фантасты в XX веке,

поэтому пока сложно представить, что в ближайшее десятилетие на рынке появится что-то, что действительно будет революционным и будет пугать людей. Наблюдается тенденция улучшение старых и давно освоенных технологий, а не изобретение чего-то нового. Так же время идет и люди нового поколения, родившиеся уже в эпоху интернета, будут постепенно заменять старое поколение, что так опасается нововведений. Поэтому мы думаем, процент технофобов будет снижаться в ближайшее десятилетие.

Источники

1. Бердяев Н. Человек и машина (проблема социологии и метафизики техники) // Путь. 1933. № 2. С. 3–38.

2. Биккинина М. Кто такие технофобы и чего они боятся [Электронный ресурс] // Новости Татарстана. URL: https://trends.rbc.ru/trends/industry/61de8ff59a79470ae2bb42cc (дата обращения: 06.11.2022).

3. Мид М. Культура и мир детства [Электронный ресурс] // Культура и преемственность. https://www.litmir.me/br/?b=161011&p=1 (дата обращения: 07.11.2022).

4. Родионов Д. А. Теоретические предпосылки технофобии и технофилии // Пятые Лемовские чтения: сб. материалов Междунар. Науч. Конф. памяти Станислава Лема. Самара, 2020. С. 103–108.

5. Хронология: поезда, станки, электричество и другие технологии, которых боялось человечество [Электронный ресурс]. URL: https://vc.ru/story/66177-hronologiya-poezda-stanki-elektrichestvo-i-drugie-tehnologii-kotoryh-boyalos-chelovechestvo (дата обращения: 07.11.2022).

УДК 378

ПОНЯТИЙНЫЕ КАТЕГОРИИ «ИНТЕГРАЦИЯ» И «СИНТЕЗ» В ОБРАЗОВАНИИ И ИХ СООТНОШЕНИЕ

Зялаева Резида Гулюсовна[1], Гарифуллина Резеда Равилевна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2]dzidra11@mail.ru

Понятийный аппарат является определяющим в понимании сути любого исследуемого вопроса. Проведен анализ и выявлено соотношение ключевых понятий «интеграция» и «синтез». Авторское понимание исследуемого вопроса, в логике диалектики перехода количества в качество, основано на представлении интеграции как процесса формирования «критической массы» междисциплинарных знаний, порождающий качественный скачок в принципиально новую область синтетического знания.

Ключевые слова: интеграция, синтез, интеграция знаний, синтез знаний, синтетическое знание.

CONCEPTUAL CATEGORIES “INTEGRATION” AND “SYNTHESIS” IN EDUCATION AND THEIR CORRELATION

Zyalaeva Rezida Gulusovna[1], Garifullina Rezeda Ravilevna[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1,2]dzidra11@mail.ru

The conceptual apparatus is crucial in understanding the essence of any issue under study. The analysis is carried out and the correlation of the key concepts of “integration” and “synthesis” is revealed. The author's understanding of the issue under study, in the logic of the dialectic of the transition of quantity to quality, is based on the representation of integration as a process of forming a “critical mass” of interdisciplinary knowledge, generating a qualitative leap into a fundamentally new field of synthetic knowledge.

Keywords: integration, synthesis, integration of knowledge, synthesis of knowledge, synthetic knowledge.

Для эффективной реализации профессионально-педагогической деятельности преподавателя высшей школы главенствующую роль отводится научно-педагогической деятельности [4]. Особую значимость в любой исследовательской работе имеет категориальный аппарат. Тема данной публикации посвящена понятийным категориям «интеграция» и «синтез» и их соотношение в педагогических исследованиях. Проведенный анализ литературных источников позволил выявить процесс формирования понятийно-терминологического обеспечения интегративной проблемы. Установлено, в педагогических исследованиях синтез рассматривается на уровне интеграционных процессов, некоторые исследователи отождествляют синтез с интеграцией.

Так, по мнению Б.М. Кедрова, интеграция «есть конкретное выражение синтеза наук как междисциплинарного процесса их слияния воедино; их взаимного связывания».

В определении интеграции В.К. Сидоренко понятия «интеграция» и «синтез» связаны между собой, эти два термина в первоисточнике перечисляются через запятую, а синтез трактует как «целенаправленное объединение».

Н.К. Чапаев в своём диссертационном исследовании «Структура и содержание теоретико-методологического обеспечения педагогической интеграции» пишет: «Вслед за М.Г. Чепиковым, не видящим “существенной разницы” между интеграцией и синтезом, считаем возможной их идентификацию» [3].

Другая точка зрения, направлена на различение интеграции и синтеза. В педагогике такого рода точка зрения получило широкое распространение. Например, в представлении болгарского исследователя Х. Сантулова интеграция есть форма взаимодействия, а синтез – его результат; В. С. Безрукова считает синтез – эта та же интеграция, но в своей высшей фазе развития; М.Н. Берулава рассматривает синтез как итог интеграции. По мнению Г.И. Сечкина интеграция знаний – это промежуточный этап на пути к синтезу знаний, который, в свою очередь, является заключительным и конечным продуктом интеграции (результатом интеграции знаний). Г.Ф. Федорец выделяет главные разделительные признаки:

– во-первых, синтез рассматривается как результат слияния взаимодействующих систем в однородную целостность, тогда как интеграция есть единство многообразного и не исключает дифференцированность;

– во- вторых, то, что интеграция шире, чем синтез, по охвату объединительных процессов и имеет отношение не только к самому процессу развития, но и к средствам его организации; синтез же есть творчески порождающий акт познавательной деятельности и, кроме того, завершающая форма интегративного процесса и основа для новой отрасли знания [1].

Г.И. Сечкин предлагает рассматривать синтез знаний в виде гегелевской триады:

– первый этап (тезис): количественный и качественный компоненты наблюдений и измерений образуют первичные понятия и отдельные, слабо связанные друг с другом, теории (соответственно отдельные изолированные учебные дисциплины);

– второй этап (антитезис) – переход от анализа результатов к их систематизации, создание интегрированных теорий (учебных курсов);

– третий этап (синтез) – обобщение и систематизация результатов, формулировка гипотез и появление новых, более абстрактных теорий, создание синтетических (межпредметных и надпредметных) курсов.

При этом перечень отличительных признаков на каждом этапе рассматривается в качестве методологических установок или, иначе говоря, шагов технологии синтеза знаний [2].

Авторское понимание исследуемого вопроса, в логике диалектики перехода количества в качество, основано на представлении процесса интеграции направленного на формирование «критической массы» междисциплинарных знаний, порождающий качественный скачок. Формируется принципиально новая область знания, где основополагающим элементов является синтетическое знание, детерминированное качественными характеристиками сплава эмпирических данных и понятийно-дедуктивных логических конструкций.

Подводя итоги можно констатировать, аргументы, согласно которым синтез не тождественен интеграции, вполне убедительны. Во-первых, два различных понятия не могут выражать одно явление, а характеризуют его с различных точек зрения. Во-вторых, в результате синтеза получается нечто новое, с иной характеристикой, тогда как интеграция даёт новое лишь в процессе структурирования, объединения, ранжирования. Конечно, интеграция и синтез сопряжены в своём стремлении к единству, целостности, но единство, целостность у них различна в суммарной характеристике. Синтез не может выражаться как междисциплинарный процесс, термины «межнаучный», «междисциплинарный» и «внутридисциплинарный» исчезают, поскольку синтез меньше суммы его частей.

Источники

1. Левичев О.Ф. Категория синтеза в науке, философии и образовании [Электронный ресурс] / Евразийство: Философия. Культура. Экология: электронный научный журнал. URL: https://eurazistvo.ru/category/vipusk6/ (дата обращения: 12.10.15).

2. Сечкина И.В., Сечкин Г.И. Синтез как цель, метод и конечный результат интеграции знаний // Омский научный вестник. Сер. Общество. История. Современность. 2014. № 3 (129). С. 191–192.

3. Чапаев Н.К. «Структура и содержание теоретико-методологического обеспечения педагогической интеграции: дис. ... д-ра пед. наук. Екатеринбург, 1998. 462 с.

4. Матушанский Г.У., Фролов А.Г., Завада Г.В. Определение профессиональных и базовых компетенций преподавателя высшей школы // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2006. № 9-10. С. 70–77.

УДК 006.9

МЕТРОЛОГИЯ КАК ИНФРАНАУКА

Коныжов Кирилл Впадимович[1], Богданова Наталия Владимировна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]Konizhov.kirill@mail.ru

Анализу роли измерений, значения метрологических служб в современном мире посвящена данная статья. Измерения являются важнейшим инструментом количественного познания объектов и явлений окружающего мира, играют большую роль в развитии народного хозяйства.

Ключевые слова: метрология, измерения, средства измерений, инфратехнология, измерительное пространство.

METROLOGY AS AN INFRASCIENCE

Konizhov Kirill Vpadimovich[1], Bogdanova Natalia Vladimirovna[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]Konizhov.kirill@mail.ru

Analysis of measurement spheres, values of metrological services in public articles devoted to the whole world. Measurements are the preferences of many people of cognition of objects and acquire the surrounding world, a large role in the development of the national economy.

Keywords: metrology, measurements, mass measurements, infratechnology, measuring space.

Международное бюро мер и весов заявляет: «Метрология – это наука об измерениях, охватывающая как экспериментальные, так и теоретические определения на любом уровне неопределенности в любой области науки и техники» [1].

Метрология как теоретическая и прикладная наука, безусловно, лежит в основе всех практических и научных начинаний. Метрология важна, потому что почти вся повседневная жизнь, не говоря уже о практической науке, технике и медицине, включает в себя измерения, на результаты которых мы полагаемся для обеспечения нашего здоровья, коммерческого процветания, качества жизни и защиты окружающей среды. Метрология создает системы и структуры для количественной оценки и с их помощью поддерживает согласованность и достоверность всех измерений. Однако понятие метрологии для большинства остается очень незначительным делом по сравнению со всеми видами деятельности, которые на нее опираются. Стоит рассмотреть эту разницу более подробно.

Инфратехнологию можно описать как интеграцию материальных, машинных и цифровых технологий на протяжении всего жизненного цикла инфраструктуры. В самом широком смысле инфратехнологию можно рассматривать как любую технологию, влияющую на разработку, доставку и текущую эксплуатацию инфраструктуры.

Из его определения ясно, что сфера применения метрологии обширна и широка. Это связано с тем, что метрология является инфратехнологией. Точно так же, как инфраструктуры поддерживают общество в целом, инфратехнологии поддерживают функционирование научных и технологических целей. Если проведение измерений и обмен результатами измерений подобны дорожному движению, то метрология подобна дорожной сети – ключевой части системы, обеспечивающей беспрерывную и бесперебойную работу. При хорошей работе это незаметно, но когда на дороге появляются выбоины, мы это замечаем.

«Пространство измерений» в науке и технике огромно – трудно представить какое-либо научное, техническое, инженерное или медицинское предприятие, не опирающееся на измерения, – но та его часть, которую формально составляет метрология, невелика. Всю метрологию можно рассматривать как подмножество измерений, но не все измерения являются метрологическими. Хотя многие из основных концепций «хороших» измерений и метрологии схожи (прослеживаемость, сравнение и неопределенность), подавляющее большинство измерений не связаны с метрологией. Метрология как «наука об измерениях» предполагает метапредмет с более глубоким уровнем абстракции. Метрологию можно рассматривать как «метамеры», т. е. «измерения», действующие на более высоком уровне для развития свойств «нормальных» измерений. (Точно так же в лингвистике грамматика рассматривается как метаязык, используемый для описания свойств простого языка, но не самого себя.) Обобщая так же, как философия широко известна как «мышление о мысли», мы можем рассматривать метрологию как «измерение меры».

На протяжении всего развития человеческого общества измерения были основой взаимоотношений людей между собой, с окружающими предметами, природой [2-4]. В современных условиях можно выделить три главные функции измерений в народном хозяйстве:

1) учет продукции народного хозяйства, исчисляющейся по массе, длине, объему, расходу, мощности, энергии;

2) в процессе контроля и регулирования технологических процессов (особенно в автоматизированных производствах) и обеспечения нормального функционирования транспорта и связи, используются измерения;

3) определение физических величин, технических характеристик и свойств вещества при научных исследованиях или испытаниях продукции в различных отраслях народного хозяйства.

Качество средств измерений влияет на эффективность выполнения возложенных на них функций [5].

Мир как никогда нуждается в хорошем измерении для обеспечения устойчивого прогресса в науке и в обществе. Хорошее измерение обеспечивает социальный прогресс и экономический рост через согласованную качественную инфраструктуру. Метрология находится на вершине этой инфраструктуры качества, обеспечивая стабильные определения единиц измерения и реализацию первичных стандартов для них, из которых могут вытекать цепочки прослеживаемости; и улучшение этих реализаций в целях дальнейшего снижения неопределенности для конечного пользователя. Из-за этой основополагающей, инфраструктурной характеристики, метрология и ее роль в инфраструктуре качества часто остаются незамеченными, и ее отличие от измерения может стать размытым. Повышение точности измерений позволяет определить недостатки тех или иных технологических процессов и устранить эти недостатки. Все это в конечном счете приводит к повышению качества продукции, экономии энергетических и тепловых ресурсов, а также сырья и материалов.

Источники

1. Howarth P., Redgrave F. Metrology in Short [Электронный ресурс]. 3rd Ed. Braunschweig, Germany: EURAMET, 2008. 86 p.

2. Бурдун Г.Д., Марков Б.Н. Основы метрологии. М.: Изд-во стандартов, 2004. 336 с.

3. Земельман М.А. Метрологические основы технических измерений. М.: Изд-во стандартов, 1991. 285 с.

4. Кузнецов В.А., Ялунина Г.В. Основы метрологии: учеб. пособие для вузов / под ред. В.А. Кузнецова. М.: Изд-во стандартов, 1995. 226 с.

5. Куликовский К.Л., Купер В.Я. Методы и средства измерений. М.: Энергоатомиздат, 1986. 448 с.

УДК 378

УЧЕБНАЯ КОММУНИКАЦИЯ СТУДЕНТОВ СРЕДСТВАМИ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Курмашова Алия Рамисовна[1], Завада Галина Владимировна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]aliakurmashova@mail.ru

В данной статье представлены подходы к потенциалу сетевых социальных технологий для применения в образовательном процессе вуза. Указывается, что ССТ способствуют развитию навыков учебной кооперации, являются инструментом формирования коллегиальной среды обучения. На основе анализа литературы обобщены достоинства применения сетевых технологий в образовательном процессе.

Ключевые слова: студент, сетевые социальные технологии, учебная коммуникация, образовательный процесс.

LEARNING COMMUNICATION OF STUDENTS BY MEANS OF SOCIAL NETWORKS

Kurmashova Aliya Ramisovna[1], Zavada Galina Vladimirovna[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]aliakurmashova@mail.ru

This article presents approaches to the potential of network social technologies for use in the educational process of the university. It is pointed out that STS contribute to the development of skills of educational cooperation, are a tool for the formation of a collegial learning environment. Based on the analysis of the literature, the advantages of using network technologies in the educational process are summarized.

Keywords: student, network social technologies, educational communication, educational process.

Согласно «Отчету по использованию социальных сетей, интернета в целом и e-commerce на начало 2021 г.» сетевыми социальными ресурсами пользуются 4,66 миллиарда человек (по сравнению с 2020 годом прирост пользователей составил 13%), почти 7 часов в день пользователи пользуются Интернетом, для поиска информации, он-лайн покупок, коммуникации и игр [1]. Студенты, в основной массе, являются активными пользователем социальных сетей, прекрасно осведомленными об их возможностях и потенциале. Проблема введения этих возможностей в образование является актуальной, так как сам учебный процесс пока игнорирует системное применение ССТ.

Изучение научно-педагогической литературы показывает, что образоваельный процесс и наука уже накопили богатый опыт применения ССТ в обучении. Букаева А.А. и Магзумова А.Т. анализируют ССТ как педагогический инструментарий эффективного обучения студентов, организации научной деятельности, применения для системы управления вузом [2]. В статье [3] представлен интересный опыт применения социальной сети «ВКонтакте» для оказания методической и информационной помощи при дипломном проектировании. Созданная автором группа показала позитивные результаты: охват 83 % студентов; до 780 просмотров в месяц; повышение качества оформления дипломной работы; обязательное наличие электронной версии дипломной работы и т. д. Ряд исследователей и практиков активно изучают и используют для реализации педагогического взаимодействия онлайн-платформы. Так, в [4] автор, Куликова Н.Ю., обстоятельно показывает опыт применения образовательной платформы при изучении определённого учебного материала в условиях сетевого взаимодействия. Есть интересный опыт применения ССТ в воспитательном процессе вуза, в частности при реализации программ патриотического и гражданского воспитания [5].

Многие исследователи подчеркивают, что ССТ способствуют развитию навыков учебной кооперации, являются инструментом формирования коллегиальной среды обучения [6].

Мы также можем указать на несомненные достоинства применения ССТ в образовательном процессе вуза:

– бесплатный доступ и использование;

– оперативность распространения учебной информации;

– практически неограниченная возможность коммуникации с преподавателем;

– организация общения, как в индивидуальном порядке, так и группой любого количественного состава;

– возможность совместной работы, взаимообучения.

Кроме того, применение ССТ несет положительный эмоциональный заряд, так как они являются привычной средой для студента, по назначению и функционалу, не требуют адаптационного периода.

Учебная коммуникация студентов с помощью ССТ может осуществляться в различных формах:

1) с помощью учебных тематических форумов и чатов;

2) каждый студент может дополнить учебный материал, создать свою страницу, поделиться своими размышлениями, опытом, знаниями, впечатлениями и т. п.;

3) осуществление взаимной оценки результатов студенческих работ.

Клименко О.А. указывает еще ряд преимуществ ССТ для организации учебных коммуникаций: обучение при помощи блогов, разработка совместных письменных сетевых проектов, интересна идея о возможностях организации клуба по интересам или учебного клуба, объединяющего студентов их разных регионов [7].

Подводя итог проведенному небольшому анализу можно отметить, что ССТ неотъемлемая часть не только повседневной жизни студента, но и его образовательного процесса. Даже если ССТ не включены в непосредственный процесс обучения – студенты постоянно используют их для самообразования, личностного роста. ССТ являются источниками мотивирующих примеров, самообучения, «скорой помощи» при изучении трудных вопросов программы.

Источники

1. Отчет по использованию социальных сетей, интернета в целом и *e-commerce* на начало 2021 г. [Электронный ресурс]. URL: https://cpa.rip/stati/digital-2021/(дата обращения 29.09.2022).
2. Букаева А.А., Магзумова А.Т. Использование социальных сетей в образовательном процессе [Электронный ресурс] // Инновации в науке. 2015. № 2 (39). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-sotsialnyh-setey-v-obrazovatelnom-protsesse (дата обращения: 30.09.2022).
3. Бондаренко С. Практическое использование социальных сетей в учебном процессе [Электронный ресурс]. URL: https://pedsovet.su/publ/164-1-0-6058 (дата обращения: 30.09.2022).
4. Куликова Н.Ю. Образовательная онлайн-платформа как фактор изучения интерактивных технологий обучения в условиях сетевого взаимодействия [Электронный ресурс] // Мир науки. Педагогика и психология. 2020. № 4. URL: https://mir-nauki.com/PDF/26PDMN420.pdf (дата обращения: 30.09.2022).
5. Завада Г.В. Возможности использования социальных сетей в высшем образовании // Инновации в профессиональном и профессионально-педагогическом образовании: матер. 20-й Всерос. науч.-практ. конф. Екатеринбург, 2015. Т. 1. С. 241–244.
6. Социальная сеть – эффективный инструмент формирования коллегиальной среды обучения / М.П. Карпенко [и др.] // Социология образования. 2014. № 7. С. 16–26.
7. Клименко О.А. Социальные сети как средство обучения и взаимодействия участников образовательного процесса [Электронный ресурс] // Теория и практика образования в современном мире: матер. I Междунар. науч. конф. СПб.: Реноме, 2012. Т. 2. С. 405–407. URL: https://moluch.ru/conf/ped/archive/21/1799/ (дата обращения: 30.09.2022).

УДК 378:004.056

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИ ПОМОЩИ ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ

Куценко Светлана Мунавировна[1], Малацион Светлана Фиаловна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1] s.koutsenko@mail.ru, [2]sveta_malacion@mail.ru

Представлена попытка анализа применения интернет вещей для безопасности образовательного процесса. Применение в образовательных учреждениях новейших технологий, в том числе, интернет вещей (IoT) позволяет установить контроль за посещаемостью занятий обучающимися и их поведением в стенах учебного заведения, может защитить от угрозы терроризма, проникновения посторонних лиц в учебные учреждения. Обеспечение безопасности участников образовательного процесса является приоритетной и неотложной государственной задачей.

Ключевые слова: интернет вещей, IoT, образование, безопасность, девайсы.

STUDENT SAFETY USING THE INTERNET OF THINGS

Kutsenko Svetlana Munavirovna[1], Malacion Svetlana Fialovna[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]s.koutsenko@mail.ru, [2]sveta_malacion@mail.ru

An attempt to analyze the use of the Internet of things for the security of the educational process is presented. The use of the latest technologies in educational institutions, including the Internet of things (IoT), allows you to establish control over the attendance of students and their behavior within the walls of an educational institution, can protect against the threat of terrorism, the penetration of unauthorized persons into educational institutions. Ensuring the safety of participants in the educational process is a priority and urgent state task.

Keywords: internet of things, IoT, education, security, devices.

Развитие цифрового общества неразрывно связано с уровнем внедрения в образовательный процесс новейших технологий, в частности IoT.

IoT – это сеть физических устройств, транспортных средств, бытовой техники и других предметов, оснащенных электроникой, программным обеспечением, датчиками, приводами и связью, что позволяет этим вещам связываться и обмениваться данными, создавая возможности для более прямой интеграции физического мира в компьютерные системы, что приводит к повышению эффективности, экономическим выгодам и сокращению человеческих нагрузок [1].

Безусловно, со временем Интернет вещей в образовательных учреждениях будет широко использоваться как в области педагогических технологий (виртуальные классы, электронные браслеты, «умные» парты и т. д.), так и для снижения расходов на коммунальные расходы в виде «умного здания». Кроме того, интернет вещей может обеспечить безопасность участников образовательного процесса, что является особенно актуальным в настоящее время. Многие учебные заведения, к сожалению, все чаще сталкиваются с такими явлениями как шутинг, суицид, девиантное поведение обучающихся, пропажи и потери вещей. По анализу опроса родителей и преподавателей самое ожидаемое изменение при внедрении IoT технологий является увеличение уровня безопасности [2].

Использование в учебных заведениях камер видеонаблюдения, датчиков дыма и т. д. – сегодня не редкость. Однако, камеры наблюдения с высоким разрешением можно использовать для считывания индивидуального QR-кода для идентификации личности обучающихся, что позволит защитить участников образовательного процесса от угрозы терроризма, распространения наркотиков и проникновения посторонних лиц в учебные учреждения.

Кроме того, использование IoT технологии позволит установить контроль за посещаемостью занятий обучающимися и их поведением в стенах учебного заведения. Камеры видеонаблюдения в учебных аудиториях могут использоваться руководителями структурных подразделений учебных заведений для контроля качества проведения занятий, порядка в аудиториях и предотвращения психологического или физического насилия в среде обучающихся.

Можно установить датчики движения в опасных зонах (например, в химических лабораториях или лабораториях, использующих высокое напряжение и т. д.)., чтобы ограничить доступ обучающихся и посетителей к таким аудиториям и лабораториям, что сократит риск происшествий и несчастных случаев. Подключая свои девайсы через Wi-Fi, Bluetooth и NFC соединения, участники образовательного процесса смогут отслеживать и контролировать их местоположение в реальном времени через мобильное приложение на телефоне или веб-приложение [3]. Все эти меры и технологии значительно повысят уровень безопасности учебных заведений и создадут благоприятную среду для образовательного процесса.

Во всех учебных заведениях существуют специальные службы для помощи в адаптации обучающихся к обучению в образовательном учреждении (психологи, кураторы, тьюторы) [4]. Благодаря контролю вовлеченности обучающего в учебный процесс, использование технологий IoT и искусственного интеллекта позволит этим службам составить его психологический портрет и выявить склонность к девиантному поведению или к депрессии. Таким образом, интерактивные инструменты будут способствовать позитивному развитию социальных качеств обучающихся [5].

Надо внедрять идентификацию обучающихся и преподавателей осуществляется с помощью RFID-меток, QR-кодов или смарт-карт, использовать для этих целей мобильный телефон, смарт-часы и даже видеокамеры с системой распознавания лиц.

Внедрение интернет вещей в образование требует значительных финансовых вложений. Поэтому использование искусственного интеллекта и интернет вещей, охватывающих многие сферы образовательного процесса, будет растянуто во времени. Обеспечение безопасности участников образовательного процесса является приоритетной и неотложной государственной задачей.

Интернет вещей и другие сквозные технологии в будущем изменят структуру образования. Многообразие устройств и возможность их объединения в одной цифровой среде позволяют значительно повысить качество процесса обучения. Важным в настоящий момент является использования интернета вещей в образовании для решения вопросов учёта посещаемости занятий обучающимися и их безопасности как в стенах учебного заведения, так и вне его. Создание системы безопасности в учебных заведениях должно стать одним из основных направлений внедрения интернет вещей в образование.

Источники

1. Маркес Дж., Соларте З, Гарсия А. IoT в области образования: интеграция объектов с виртуальными академическими сообществами [Электронный ресурс] / Новые дастижения в области информационных систем и технологий. 2016. Т. 444. С. 201–212. URL: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-319-31232-3.pdf?pdf=button%20sticky (дата обращения: 12.10.2022).

2. Пак А.В. Интернет вещей в сфере образования: сущность, потенциальное влияние и ожидания пользователей разных стран // European Research. 2018. Т. 1, № 35. С. 19–30.

3. Пак А.В., Калыбекова Д.Б. Пути внедрения интернета вещей в систему образования и его влияние на бизнес-модель образовательных учреждений в условиях цифровизации // Закономерности и тенденции инновационного развития общества: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. Уфа, 2018. С. 53–62.

4. Куценко С.М., Малацион С.Ф. К вопросу реализации инклюзивного обучения в Казанском государственном энергетическом университете (КГЭУ) // Вестник Казанского технологического университета. 2014. № 22. С. 365.

5. Мониторинг вовлеченности студентов в учебный процесс / В. Соловьев [и др.] //Открытые системы. СУБД. 2018. № 2. С. 28.

УДК 51-74

ПРИМЕНЕНИЕ ПАКЕТА «WOLFRAM MATHEMATICA» ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ СИСТЕМЫ

Львова Татьяна Николаевна[1], Мухаметгалеев Танир Хамитевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]tn.lvova@yandex.ru, [2]banzay-13-13@yandex.ru

В статье демонстрируется применение пакета «Wolfram Mathematica» для исследования влияния интенсивности отказов конкретных компонентов на надежность работы многокомпонентной системы с использованием математических функций распределения. Исследуется устойчивость основной системы и двух ее подсистем к отказу (средняя наработка до отказа, вероятность безотказной работы и вероятность отказов). Для выбора различных значений интенсивности отказов компонентов и времени работы используются специальные элементы управления.

Ключевые слова: интерактивная модель, закон распределения, вероятность безотказной работы, вероятность отказов, средняя наработка до первого отказа, интенсивность отказов, интегральная функция распределения отказов, элементы управления.

APPLICATION OF THE “WOLFRAM MATHEMATICA” PACKAGE TO STUDY THE RELIABILITY OF THE MULTICOMPONENT SYSTEM

Lvova Tatiana Nikolaevna[1], Mukhametgaleev Tanir Khamitevich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]tn.lvova@yandex.ru, [2]banzay-13-13@yandex.ru

The use of the Wolfram Mathematica package to study the effect of the failure rate of specific components on the reliability of a multicomponent system using mathematical distribution functions is demonstrated in the article. The stability of the main system’s and its two subsystems to failure (mean time to failure, survival, and hazard functions) are investigated. Special controls are used to select different values of component failure rates and operating time.

Keywords: interactive model, the law of distribution, survival, probability of failures, mean time to failure, failure rates, integral failure distribution function, controls.

В последние годы преподавание сложных инженерных дисциплин невозможно представить без применения элементов визуального и интерактивного контента для лучшего усвоения студентами изучаемого материала. Широко применяется современные программные пакеты для моделирования различных инженерных систем, в том числе, систем электропривода. Так в [1, с. 120] применялось моделирование в среде

MATLAB для исследования электропривода постоянного тока. В [2, с. 2] рассматривалась интерактивная модель построения статических характеристик трехфазного асинхронного двигателя в среде *Wolfram Mathematica*. В данной работе в качестве примера применения современных методик демонстрируется интерактивная модель для исследования устойчивости к отказу многокомпонентной системы. Модель позволяет наглядно представлять влияние различных параметров отдельных компонентов на работоспособность как подсистем, так и всей системы в целом. Проводится мониторинг вероятности безотказной работы и вероятности отказов системы для различных значений средней наработки до отказа. Для выбора различных значений интенсивности отказов компонентов и времени работы, используются специальные элементы управления.

Исследуется основная система, состоящая из двух подсистем. Подсистема *A* рассматриваемой системы соединена последовательно с подсистемой *B*; подсистема *A* имеет один компонент (C_3) параллельно с двумя последовательными компонентами (C_1, C_2); подсистема *B* имеет три параллельных компонента (C_4, C_5, C_6). Предполагается, что компоненты C_1, C_4 имеют равную постоянную интенсивность отказов λ_1, компоненты C_2, C_5 имеют равную постоянную интенсивность отказов λ_2 и компоненты C_3, C_6 имеют равную постоянную интенсивность отказов λ_3. Постоянная частота отказов λ_i подразумевает, что время выхода из строя компонента C_i является случайной величиной, которая следует экспоненциальному распределению с параметром λ_i.

Для исследования надежности сложной технической системы [3, с. 55] применяется интерактивная модель, основанная на теории надежности. Проведено моделирование отказов системы с течением времени с помощью трех типов функций распределения вероятностей: логнормальной, экспоненциальной и Вейбулла [4, с. 17]. Модель наглядно демонстрирует поведение функции распределения плотности отказов $f(t)$ при различных значениях параметров (μ и σ для логнормального, λ для экспоненциального, α и β для распределений Вейбулла). На рис. 1 также приводится вид интегральной функции распределения отказов $F(t)$, и зависимость мгновенного коэффициента отказов, представляющего собой отношение распределения отказов к так называемому распределению выживаемости $1 - F(t)$:

$$h(t) = \frac{f(t)}{1 - F(t)}. \qquad (1)$$

Плотность отказов согласно модели экспоненциального распределения:

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}. \quad (2)$$

Выбранная для исследования при помощи элементов управления экспоненциальная модель надежности подразумевает неизменную интенсивность отказов элемента (системы):

$$\lambda(t) = \lambda = \text{const}, \lambda > 0. \quad (3)$$

Время работы до отказа, при этом, является непрерывной случайной величиной, распределенной экспоненциально. Видно, что основная система (оранжевая) всегда менее надежна, чем ее подсистемы, потому что подсистема *A* (зеленая) соединена последовательно с подсистемой *B* (синяя). Кроме того, подсистема *B* всегда обладает высочайшей надежностью, поскольку все ее компоненты подключены параллельно (учитывая, что обе подсистемы, *A* и *B*, включают в себя три аналогичных компонента).

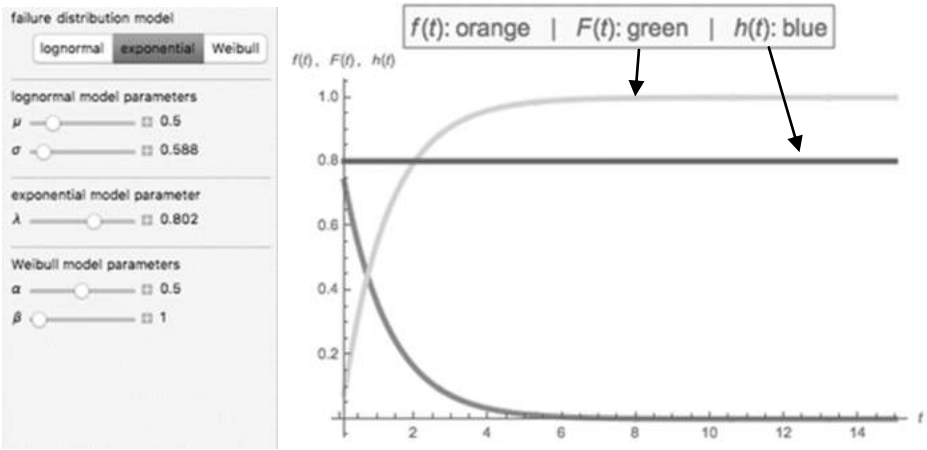


Рис. 1. Функция распределения плотности отказов *f* (*t*), интегральная функция распределения отказов *F*(*t*) и мгновенный коэффициент отказов *h*(*t*) для экспоненциальной модели распределения отказов

Получены зависимости вероятности безотказной работы (рис. 2, *а*) и вероятности отказов (рис. 2, *б*) для основной системы, ее двух подсистем и ее компонентов. Приведены значения средней наработки до отказа. Пунктирные линии на графике вероятности отказов соответствуют постоянной интенсивности отказов компонентов согласно (3).

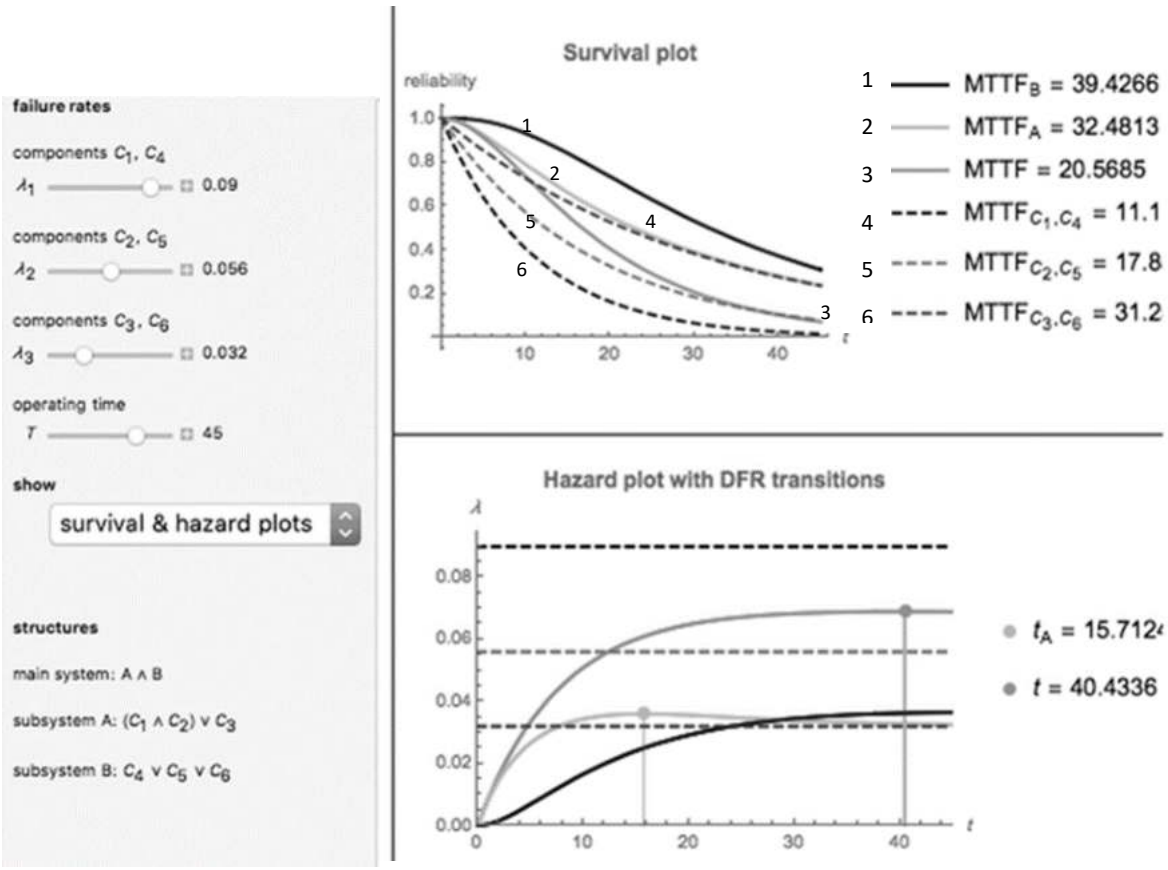


Рис. 2. Зависимости вероятности безотказной работы (*а*) и вероятности отказов (*б*) для основной системы, ее двух подсистем и всех компонентов.

На рис. 3 представлены графики зависимости средней наработки до отказа от времени для различных значений интенсивности отказов λ_1, λ_2 и λ_3 соответственно.

Приведены значения частных производных функции средней наработки до отказа для основной системы и двух ее подсистем для фиксированных значений интенсивности отказов λ_1, λ_2 и λ_3. Хорошо видно изменение функции зависимости средней наработки на отказ от вре-мени. Интенсивность отказов каждого компонента изменяется в диапазоне от 0,01 до 0,10 при прочих равных условиях.

Кроме того, модель позволяет получить зависимость взвешенного предельного изменения интенсивности отказов выбранного компонента на среднюю наработку до отказа основной системы и двух ее подсистем.

Моделирование дает возможность наглядно и оперативно оценить влияние на отказоустойчивость системы соответствующих параметров, образующих ее подсистем. Это позволяет упростить проведение расчетов надежности для сложных многокомпонентных систем.

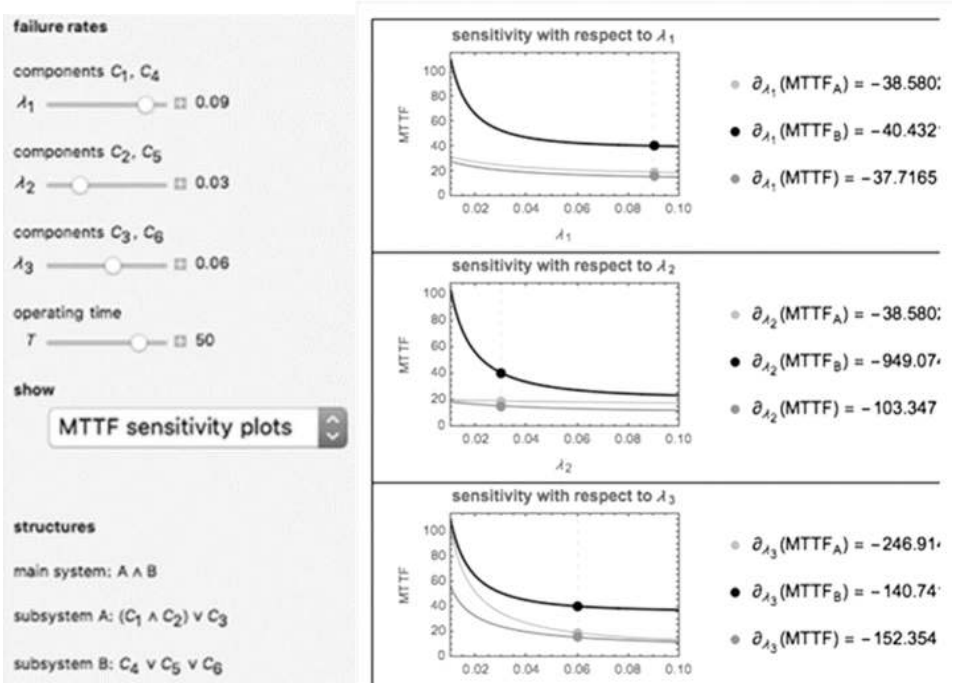


Рис. 3. Графики зависимости средней наработки до отказа от времени для различных значений интенсивности отказов λ

Источники

1. Алгоритм параметрической идентификации электропривода постоянного тока с применением инверсной модели / Н.А. Малёв [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 6. С. 119–133.

2. Львова Т.Н., Мухаметгалеев Т.Х. Применение пакета «WOLFRAM MATHEMATICA» для исследования характеристик трехфазных асинхронных двигателей // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VII Науч.-практ. конф. В 2 т. Казань, 2021. Т. 1. С. 367–371.

3. Обеспечение надежности сложных технических систем: учеб. для вузов / А.Н. Дорохов [др.]. 3-е изд., стер. СПб.: Лань, 2021. 352 с.

4. Ефремов А.А. Теория надежности: конспект лекций. Томск: Издательство ТПУ, 2015. 83 с.

5. Anping Zeng. Characteristics of Three-Phase Asynchronous Motors [Электронный ресурс]. URL: https://demonstrations.wolfram.com/CharacteristicsOfThreePhaseAsynchronousMotors/ (дата обращения: 19.10.2022).

УДК 378.147

К ВОПРОСУ КАЧЕСТВА ЗНАНИЙ ПО ФИЗИКЕ У СТУДЕНТОВ ПЕРВОГО КУРСА

Малацион Светлана Фиаловна[1], Куценко Светлана Мунавировна[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]sveta_malacion@mail.ru, [2]s.koutsenko@mail.ru

В статье проанализированы причины низкого уровня знаний по физике у абитуриентов и студентов, начинающих изучение физики в вузе. Предлагается для повышения качества обучения проверять остаточные знания студентов в начале изучения дисциплины и несколько раз в течении семестра, а также при защите выпускных квалификационных работ. Для слабоуспевающих студентов необходимо организовать курсы по выравниванию школьных знаний.

Ключевые слова: физика, компетенции, тестирование, балльно-рейтинговая система, электронные образовательные ресурсы.

ON THE QUESTION OF THE QUALITY OF KNOWLEDGE IN PHYSICS AMONG FIRST-YEAR STUDENTS

Kutsenko Svetlana Munavirovna[1], Malacion Svetlana Fialovna[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]s.koutsenko@mail.ru, [2]sveta_malacion@mail.ru

The article analyzes the reasons for the low level of knowledge in physics among applicants and students beginning to study physics at the university. In order to improve the quality of education, it is proposed to check the residual knowledge of students at the beginning of the study of the discipline and several times during the semester, as well as during the defense of final qualifying papers. For underachieving students, it is necessary to organize courses on leveling school knowledge.

Keywords: physics, competencies, testing, point-rating system, electronic educational resources.

Многие преподаватели-физики высшей школы отмечают, что студенты технических специальностей, поступившие на первого курс, имеют, за небольшим исключением, очень низкую подготовку по физике. У бывших школьников отсутствуют не только теоретические знания (основные физические законы и формулы), но и практические знания. Обучающиеся не могут объяснить с физической точки зрения привычные природные явления: радугу, северное сияние, гром, молнию и т.д. Не знают величину напряжения в обычной бытовой сети, его частоту, используемую

в Российской Федерации, не знают названия единиц измерения параметров электрической цепи (Ампер, Вольт, Ом, Ватт, КВт*час), плохо ориентируются в разделах физики и их взаимосвязях (время, масса, сила, работа, мощность, энергия). Из-за слабых вычислительных навыков и невнимательности у обучающихся плохо обстоит дело с конкретными числовыми расчетами при обработке результатов физических экспериментов и при решении практических задач.

Причины слабой подготовки первокурсников очевидны: нет обязательного ЕГЭ по физике, часть абитуриентов предоставляют в приемные комиссии вузов результаты ЕГЭ по информатике. При подготовке к ЕГЭ по физике идет «натаскивание» школьников на решение тестов и типовых задач, учителя или репетиторы не акцентируют внимание обучающихся на физическом смысле изучаемых законов.

Ежегодно студенты первого курса в начале семестра проходят диагностическое входное тестирование остаточных знаний по физике по сертифицированным тестам на сайте i-exam. Результаты такого тестирования, к сожалению, не внушают оптимизма: только треть группы получают по итогам тестирования оценку выше порогового значения – 60 баллов из 100 возможных. А ведь физика является основой для изучения дисциплин профессионального цикла. Компетенции, полученные обучающимися при изучении курса физики, входят в матрицу компетенций основных образовательных программ.

Физика, наряду с другими естественнонаучными дисциплинами, достаточно сложная для усвоения отрасль знаний. Наряду со сложностью излагаемого материала существуют объективные трудности в его освоении, связанные с так называемым «клиповым» мышлением, распространенным среди значительной части молодежи. В процессе клипового мышления практически не задействуется долговременная память, концентрация внимания недостаточна для длительного сосредоточенного восприятия однородного материала [1]. Об этом говорят и сами студенты, получив результаты тестирования: «Мы уже все забыли после ЕГЭ…», хотя прошло не многим более 2-3 месяцев после экзамена. Даже, если обучающиеся и помнят часть изученного материала, они не в состоянии его анализировать, выстраивать логические цепочки, не видят связей со смежными дисциплинами.

Для решения вопроса повышения качества образования необходима своевременная коррекция знаний и умений, которые в свою очередь являются требованиями к освоению основных компонентов компетенций – глобальных целей высшего профессионального образования согласно

образовательным стандартам [2]. Остаточные знания необходимо проверять в динамическом режиме: в начале изучения дисциплины и несколько раз в течении семестра. Этому способствует применяемая в вузах балльно-рейтинговая система [3]. Помимо обязательных занятий, нужно предусмотреть на кафедрах часы индивидуальных консультаций для обучающихся, а для слабоуспевающих студентов организовать курсы по выравнивания школьных знаний. Эти курсы должны иметь интенсивный характер, проводиться параллельно с основными занятиями и обязательно с проверкой усвоения изучаемого дополнительного материала. Это может быть тестирование, контрольная работа или зачет по формулам [4].

При работе со слабыми студентами методически неправильно включать в тесты варианты с двумя или тремя неверными ответами. Неверные ответы тоже запоминаются и транслируются на последующих тестированиях. Важно, чтобы преподаватель и студент видели результат своих усилий. Необходимо знакомить обучающихся с жизненными ситуациями, для объяснения которых используются конкретные знания по физике на доступном для них математическом языке. Для того чтобы у первокурсника сложилось полное, а не фрагментарное представление о физике, необходимо выполнение следующих условий: ясность и краткость изложения, доступность справочного материала, практическая применимость полученных знаний и разумная требовательность. Нельзя снижать планку требований в угоду слабоуспевающему студенту, необходимо помочь ему научиться получать знания. Тогда при качественной ориентации в школьной физике первокурсник, пришедший в вуз из среднего или специального среднего учебного заведения, достаточно успешно освоит курс общей физики и общепрофессиональные дисциплины.

Проверка остаточных знаний по итогам изучении конкретной дисциплины – это важный аспект повышения качества образования. Однако более значимым является их применимость знаний по физике при изучении общепрофессиональных дисциплин, при выполнении курсовых и выпускных квалификационных работ, при защите которых студентам могут быть заданы вопросы по всем общеобразовательным дисциплинам, в том числе и по физике.

При таком подходе к повышению качества образования и его контролю, у студента повысится ответственность при изучении дисциплин. Необходимо тщательно подходить к созданию оценочных материалов и тестов, размещенных в электронной образовательной среде университета [5]. Студенты должны научиться ориентироваться в информации. Не нужно им запрещать пользоваться справочными материалами при подготовке к экзаменам и во время них.

Для того чтобы поддерживать высокий уровень качества образовательного процесса по физике в вузе, необходима своевременная коррекция знаний и умений, которые являются необходимыми для освоения основных профессиональных компетенций.

Источники

1. Докука С.В. Клиповое мышление как феномен информационного общества // Общественные науки и современность. 2013. № 2. С. 169–176.

2. Никитина Т.В. Коррекция знаний и умений по физике у студентов педвуза в условиях компетентностного подхода // Вестник ЧГПУ. № 11. 2011. С. 146–153.

3. Малацион С.Ф., Куценко С.М. Календарное планирование баллов обучающихся в балльной-рейтинговой системе при изучении физики // Современные исследования социальных проблем. 2018. Т. 9, № 9-2. С. 60–64.

4. Малацион С.Ф., Куценко С.М. Применение фонда оценочных средств при изучении курса физики // Современное образование: содержание, технологии, качество. 2017. Т. 2. С. 137–140.

5. Куценко С.М., Косулин В.В. Электронные образовательные ресурсы как инструмент обучения // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2017. № 4 (36). С. 127–134.

УДК 621-316

СОДЕРЖАТЕЛЬНЫЕ И ВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ ОПЕРЕЖАЮЩЕЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ В ОБЛАСТИ ЦИФРОВИЗАЦИИ

Миронова Елена Анатольевна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
mironova.energo@yandex.ru

В статье рассматриваются основные аспекты опережающей подготовки в области цифровых технологий и включения их в контент образовательного процесса с учетом реального сектора цифровой экономики. Дана оценка цифровых технологий для представления их в содержании обучения.

Ключевые слова: образовательная программа высшей школы, цифровые технологии, профессиональная подготовка, компетенции.

SUBSTANTIVE AND TEMPORAL ASPECTS OF ADVANCED ENGINEERING TRAINING IN THE FIELD OF DIGITALIZATION

Mironova Elena Anatolyevna
Kazan State Power Engineering University, Kazan
mironova.energo@yandex.ru

The article discusses the main aspects of advanced training in the field of digital technologies and their inclusion in the content of the educational process, taking into account the real sector of the digital economy. The assessment of digital technologies for their representation in the content of training is given.

Keywords: higher school educational program, digital technologies, professional training, competencies.

Включение вопросов, связанных с изучением цифровых технологий в образовательную программу инженерной подготовки должно рассматриваться, как задача проведения опережающей подготовки будущих специалистов в области цифровизации [1]. Сегодня все единодушно признают необходимость обучения навыкам работы с «цифрой» и это должно осуществляться именно на этапе профессиональной подготовки.

Опережающая подготовка подразумевает содержательные и временные аспекты инженерного обучения. Во-первых – уровень профессионального образования для конкурентоспособности специалистов на рынке

труда должен опережать уровень самого производства. Современному производству необходимо постоянное обновление технологий, внедрение новых идей, создание инновационных проектов. Все это требует серьезной научной базы и молодых специалистов, выросших на этой базе, освоивших новые технологии уже в процессе обучения. Производство должно развиваться в соответствии с уровнем развития науки и образования, поскольку иначе быстро исчерпает свой научный потенциал. И содержание образования должно обеспечивать подготовку конкурентоспособных специалистов, обладающих профессиональной мобильностью и способностью к быстрой адаптации в условиях обновления техники, технологий, при одновременной дифференциации содержания обучения применительно к конкретным видам деятельности.

На сегодняшний день сложно говорить об опережающей инженерной подготовке в области цифровизации, поскольку, как показывает опыт, производство во многих отраслях уже достаточно эффективно внедряет и использует цифровые технологии, а учебные планы и программы только начали перестраиваться. Специалисты, обладающие новыми компетенциями, потребовались на рынке труда, начиная с первого этапа внедрения цифровых технологий. Появление новых технологий, техники, оборудования влечет за собой необходимость модернизации содержания инженерного образования и подготовки кадров. Акцент смещается на высококвалифицированные должности для специалистов, обладающих знаниями и умениями в области цифровизации производства.

Значительные препятствия при цифровизации энергетического производства – отсутствие навыков работы молодых специалистов с цифровыми технологиями и внутренние барьеры, препятствующие их освоению. Большинство энергокомпаний нуждаются в специалистах, имеющих опыт работы с цифровыми технологиями. Во многих компаниях таких специалистов просто нет.

Сегодня эта проблема решается путем переподготовки и повышения квалификации персонала [2]. Но для образовательных учреждений, осуществляющих инженерную подготовку, необходимо выстраивать партнерские отношения с ведущими компаниями, научными учреждениями и пересматривать программы инженерной подготовки. Этот процесс должен идти с опережением цифровизации производства, поскольку с окончанием обучения специалист должен быть готов к быстрой адаптации в изменяющихся условиях обновления техники и технологий [3, 4].

Процесс внедрения цифровых технологий в контент профессионального образования поэтапный, рассчитан на длительный срок и не должен проводиться бессистемно и лавинообразно. Поэтому, второе условие опережающего обучения – уменьшение объективной трудности в изучении сложных вопросов, к которым относится цифровизация производства, путем постепенного опережающего введения их в учебный процесс. Для этого необходимы согласованные действия в обновлении контента инженерного образования в области цифровизации. Следует дифференцировать новый материал по степени актуальности, принадлежности к содержанию учебных дисциплин и в соответствии с запросами соответствующих компаний на отраслевом рынке, с учетом перспектив развития. Даже работающие в энергокомпаниях специалисты, недавно окончившие высшие учебные заведения, затрудняются ответить на вопрос, в каких дисциплинах они видят возможность изучения вопросов, связанных с цифровизацией отрасли. Отвечают, как правило – во всех. При этом необходимо вводить иные формы подготовки специалистов, позволяющие упростить адаптацию выпускников и повысить эффективность их работы, например, командные формы работы, позволяющие формировать навыки взаимодействия.

И становятся понятны сложности для организации изучения цифровых технологий. Для инженерного образования практически по любой отрасли производства актуальны многие сквозные цифровые технологии, такие как большие данные, промышленный интернет вещей, технологии виртуальной и дополненной реальности, компоненты робототехники и сенсорика [5]. Все они позволяют получить более достоверную информацию, сократить время принятия решения, повысить безопасность персонала, поэтому могут быть включены в учебные программы разных дисциплин, но в разной степени интерпретации.

Следовательно, в инженерном образовании необходимо устранить основные проблемы обучения, которые отмечают в энергетических компаниях и которые позволят уменьшить дефицит специалистов, а именно:

– низкий уровень знаний современных цифровых технологий;

– отсутствие навыков работы с цифровыми технологиями и непонимание возможности реализации их в современном производстве;

– внутренние барьеры и боязнь нововведений;

– отсутствие культуры горизонтального взаимодействия и работы в проектных командах.

Источники

1. Гребенщикова М.М., Миронова Е.А. Этапы внедрения цифровых технологий в контент профессионального образования // Современные цифровые технологии: проблемы, решения, перспективы: матер. Нац. (с междунар. участием) науч.-практ. конф. / под общ. ред. ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллазянова Казань, 2022. С. 326–329.

2. Миронова Е.А., Лопухова Т.В. Особенности организации учебного процесса профессиональной переподготовки электроэнергетиков // Образование и педагогика: перспективы развития: сб. тр. Всерос. науч.-практ. конф. Чебоксары, 2020. С. 211–216.

3. Миронова Е.А. Сетевое взаимодействие высшей школы и энергопредприятий // Образовательные технологии в современном учебно-воспитательном пространстве: сб. тр. Всерос. науч.-практ. конф. Чебоксары, 2020. С. 11–16.

4. Гребенщикова М.М., Миронов М.М., Миронова Е.А. Профессиональная ориентация и формирование значимых компетенций в условиях интеграции образовательного учреждения и производства // Проблемы образования. Кадры решают все: сб. матер. V Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. Г.В. Кривцовой. Чебоксары, 2019. С. 27–31.

5. Цифровая система мониторинга повреждений на линиях электропередачи / А.И. Федотов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 1. С. 146–155.

УДК 377.13

РОЛЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Мубаракшина Рузиля Радиковна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
ruzilya.mubarakshina.01@mail.ru

В работе представлена актуальная проблема нехватки кадров для энергетической отрасли. Особое внимание уделяется деятельности системы высшего образования, выделяются ее преимущества и недостатки.

Ключевые слова: подготовка, энергетическая отрасль, система, государство, рабочие кадры, студенты, изменения.

THE ROLE OF STUDENT TRAINING FOR THE ENERGY INDUSTRY

Mubarakshina Ruzil Radikovna
Kazan State Power Engineering University, Kazan
ruzilya.mubarakshina.01@mail.ru

The paper presents the actual problem of shortage of personnel for the energy industry. Particular attention is paid to the activities of the higher education system, its advantages and disadvantages are highlighted.

Keywords: training, energy industry, system, state, workers, students, changes.

В современном мире происходит определенная трансформация, которая оказывает влияние на все отрасли жизнедеятельности. Этот процесс привел к проблеме нехватки молодых кадров в энергетической отрасли. На сегодняшний день, данная проблема достаточно распространена и требует принятия определенных решений.

К изменениям подвергается и система высшего образования, которая непрерывно вносит новшества в программу своей деятельности. Она столкнулась с задачами, которые необходимо решать для полноценного развития всего общества. Такие быстрые перемены приводят к появлению новых стандартов и правил, методов и подходов для изучения того или иного учебного материала, усовершенствованию пособий и методических работ, а также к проявлению особого внимания со стороны государства в процесс подготовки кадров для энергетической отрасли [1].

Качество подготовки высококвалифицированных кадров играет особую роль в развитии любого государства. Именно этот показатель опрееляет темпы научно-технологического, социального и экономического развития [2]. Основной задачей образовательных учреждений является реализация профессиональных программ путем создания необходимых условий, направленных на формирование и развитие качеств и навыков студентов, которые будут применимы на практике [3].

В системе высшего профессионального образования существуют свои недостатки и преимущества:

Недостатки:

– в некоторых учебных заведениях осталась «старая» система образования;

– невозможность на практике реализовывать «гибкость» учебного плана;

– высокая стоимость обучения, которая не позволяет оплачивать многим родителям;

Преимущества:

– доступность;

– получение дополнительной профессии или прохождение курсов повышения квалификации;

– широкий спектр специальностей, направлений;

– возможность обучаться бесплатно либо по целевому направлению;

– множество форматов обучения: очное, заочное, очно-заочное [4].

Многие специалисты считают, что нехватка кадров в энергетической отрасли приведет к большим последствиям, которые в будущем могут сказаться на крупные энергетические компании и организации. Поэтому важно понимать и правильно оценивать роль профессиональной подготовки студентов для энергетической отрасли [5]

Таким образом, привлечение будущих студентов и обучение их востребованным профессиям является одним из важных методов решения проблемы нехватки кадров для энергетической отарсли.

Источники

1. Хизбуллина Р.Р. Практико-ориентированное обучение специалистов в энергетической отрасли Республики Татарстан // Казанский педагогический журнал. 2015. № 5-2 (112). С. 455–458.

2. Доронкина Л.Н., Горбенко А.В. Технологии проектного обучения специалистов энергетической отрасли в вузе // Наука, образование, общество: тенденции и перспективы: сб. науч. тр. по матер. Междунар. науч.-практ. конф. Москва, 2017. С. 50–51.

3. Зарянская К.Н. Актуальность процесса подготовки будущих кадров энергетической отрасли в вузе // Роль энергетической безопасности в обеспечении экономического суверенитета России: матер. Нац. конф. Невинномысск, 2019. С. 62–67.

4. Королев А.С., Мигунова Л.Г. Программа профориентации и подготовки «школа – вуз – предприятие»: итоги и перспективы // Электроэнергетика глазами молодежи – 2017: матер. VIII Междунар. науч.-техн. конф. Самара, 2017. С. 194–195.

5. Глухов Д.А. Применение теории управления рисками в системе подготовки и повышения мотивации кадров в энергетике / Д. А. Глухов // Электроэнергетика глазами молодежи – 2019: матер. юбил. X Междунар. науч.-техн. конф. Иркутск, 2019. С. 165–168.

УДК 378.147

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И ПОДХОДЫ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Мубаракшина Рузиля Радиковна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
ruzilya.mubarakshina.01@mail.ru

В данной работе представлено развитие инженерного образования. Перечислены существующие проблемы, которые оказывают влияние на повышение уровня образования будущих инженеров, а также описана роль внедрения новых усовершенствованных методов и подходов в учебный процесс.

Ключевые слова: инженер, образование, наука, инновационные технологии, развитие, методы.

MODERN METHODS AND APPROACHES TO IMPROVE THE LEVEL OF ENGINEERING EDUCATION

Mubarakshina Ruzilya Radikovna
Kazan State Power Engineering University, Kazan
ruzilya.mubarakshina.01@mail.ru

This paper presents the development of engineering education. The existing problems that have an impact on raising the level of education of future engineers are listed, and the role of introducing new improved methods and approaches into the educational process is described.

Keywords: engineer, education, science, innovative technologies, development, methods.

На сегодняшний день, для повышения эффективности производства и конкурентоспособности промышленных предприятий необходимы высококвалифицированные работники инженерных специальностей. По статистике Минобрнауки РФ каждый год выпускаются почти 300 тыс. студентов инженерных специальностей, однако только 1/3 часть людей начинают работать по этому направлению. Немногие трудоустраиваются в крупные высокотехнологичные предприятия РФ. На такое явление влияют различные факторы, например, низкая заработная плата, тяжелый график работы и т. д. [1].

В системе высшего образования существуют важная проблема, которая оказывает определенное влияние на подготовку инженерных кадров. Преподаватели, которые обучают студентов в образовательных учреждениях, имеют больше теоретических знаний, нежели практических. А именно, они не выполняли заказы технологических предприятий, имеют низкую вовлеченность в работе с НИОКР. Так студенты получают лишь знания от существующих традиционных методов и подходов. Еще одной проблемой является сложность быстро приспособиться к меняющимся условиям. В век развития новых инновационных и научных технологий, появления в мире современных подходов в деятельности любой отрасли, а также изменение традиционной системы в более совершенствованную, образование не способно полноценно обучить будущих инженеров. Именно те знания, которые были пару лет назад востребованными, на сегодняшний день, стали менее актуальными [2].

Развитие инженерного образования является неотъемлемой частью общества, так как в будущем это направление станет настолько актуальным, что потребуются новые рабочие кадры [3]. Для повышения уровня инженерного образования следует уделять особое внимание к современным методам и подходам [4]. Для этого необходимо поднимать уровень своих научных разработок, патентов, принимать опыт зарубежных стран, а также ими делиться, решать кейсы предприятий, которые с каждым годом обновляются [5].

Таким образом, система образования должна подходить к такому подходу, чтобы будущий инженер был готов в короткие сроки освоить передовые технологии и быть конкурентоспособным на рынке труда, должен прежде всего обладать фундаментальными знаниями по математике и физике. Изучение в каждом семестре дополнительных дисциплин, связанных с решением технических кейсов предприятий, работать с технологиями мирового уровня, принадлежащими ведущим компаниям отрасли.

Источники

1. Наумкин Н.И., Абушаева З.Х., Ломаткина М.В. Выявление уровня сформированности мотивации к учению и обучению инновационной инженерной деятельности // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 6-4 (108). С. 125–131.

2. Милорадова Н.Г., Ишков А.Д. Образовательные технологии в российских университетах: результаты международного исследования качества инже-нерного образования // Недвижимость: экономика, управление. 2019. № 1. С. 113–117.

3. Кохановская И.И., Наумов Е.Е., Фаыхова А.Л. Вопросы управления образованием в современных условиях // Управление. 2018. Т. 6, № 3. С. 11–16.

4. Михайлова А.Г. Социально-психологическая адаптация личности в рамках формирования коммуникативной готовности будущих инженеров // Педагогика: история, перспективы. 2020. Т. 3, № 2. С. 66–89.

5. Данилаев Д.П., Маливанов Н.Н. Технологическое образование и инженерная педагогика // Образование и наука. 2020. Т. 22, № 3. С. 55–82.

УДК 378.147

УЧЕБНЫЙ КУРС В LMS MOODLE

Мусин Дамир Талгатович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
buddy-doc@mail.ru

В статье обсуждаются вопросы организации и наполнения дистанционного учебного курса «Инженерное геометрическое моделирование» в среде программного продукта LS Moodle. Большое внимание уделено вопросам организации текущего и рубежного контроля и оперативным возможностям по модификации и адаптации материалов курса

Ключевые слова: графические дисциплины, дистанционное обучение, импортозамещение, тесты, КГЭУ, LMS Moodle, инженерное геометрическое моделирование.

TRAINING COURSE IN LMS MOODLE

Musin Damir Talgatovich
Kazan State Power Engineering University, Kazan
buddy-doc@mail.ru

The article discusses the organization and content of the distance learning course “Engineering Geometric Modeling” in the environment of the LS Moodle software product. Much attention is paid to the organization of current and midterm control and operational capabilities for modifying and adapting course materials.

Keywords: graphic disciplines, distance learning, import substitution, tests, KSPEU, LMS Moodle, engineering geometric modeling.

По-прежнему значительное место в программах обучения учебных заведений технического направления занимает преподавание графических дисциплин.

Современных подходов к организации процесса обучения требуют задачи формирования необходимых компетенций будущего специалиста [1-4].

В качестве инструмента организации курсов как очной, так и заочной формы обучения в КГЭУ принята среда LMS Moodle, позволяющая включать теоретический материал, методические пособия к лабораторным и практическим занятиям, а также гиперактивные ссылки на справочно-нормативную и вспомогательную литературу и актуальную справочную информацию. Лекционный материал курса может быть предоставлен как в текстовой форме, так и в виде видеолекций, презентаций, мультипликационных роликов, сопровождаться широким кругом различных форм дидактического обучающего материала.

Инструментарий электронного курса позволяет оперативно трансформировать содержание курса в соответствии с актуальными требованиями. Данная возможность была остро востребована в период полного перехода на дистанционное обучение во время разгара вирусной пандемии. Новые вызовы встали перед преподавателями кафедры и в связи с настоятельной необходимостью решать задачи импортозамещения программных продуктов, что повлекло за собой неизбежность полной переработки методических материалов.

Предусмотренное в рамках курса тестирование несет важную функцию самоконтроля в процессе освоения необходимых знаний, а также может быть применено для быстрого текущего, промежуточного и рубежного контроля. Инструменты LMS Moodle позволяют создавать тестовые задания разнообразных форм. Для эффективного контроля база заданий теста должна содержать значительное количество вопросов и задач, причем разнообразных форм тестирования, чтобы стимулировать прохождение тестов не путем механического запоминания верных ответов, а на основе знания материала темы.

Результатом прохождения теста может быть некоторая оценка. Таким образом, непосредственно в рамках дистанционного курса можно организовать взаимодействие с системой балльнорейтинговых оценок.

Тренировочно-обучающие тесты должны находиться в открытом доступе, с возможностью неограниченного количества прохождений. Для тестов данного назначения важно предусмотреть наличие разбора ответов с предоставлением правильного варианта, а также ссылки на учебную и справочную литературу с подробными комментариями преподавателя.

Доступ к контрольным (рубежным и зачетным) тестам организован иначе. В Moodle предусмотрена возможность открытия доступа к тесту по расписанию занятий, предусмотрена возможность и ручного включения доступа в необходимый момент [5].

В целом, весь материал курса разделен на учебные модули, и предусматривает наличие разделов информации, самостоятельной работы, итогового контроля, а также раздел о формах, сроках и результатах проведения студенческих олимпиад. Для заочной формы обучения предусмотрен и дополнительный блок сжатого конспективного представления семестрового методического материала для возможности оперативного обращения к нему в период сессии.

Таким образом, совокупность предоставляемого в современной мультимедийной форме теоретического (лекционного) материала, круглосуточного доступа к методическим материалам лабораторных и практических занятий, комфортной формы проведения текущего и итогового тестирования уровня полученных знаний, позволяют организовать достаточно удобный сценарий интерактивного взаимодействия студента с электронным учебным курсом.

Источники

1. Мусин Д.Т. Autodesk Inventor в преподавании графических дисциплин // Образование: традиции и инновации: матер. XX Междунар. науч.-практ. конф. / отв. ред. Н.В. Уварина. Прага, 2019. С. 98–100.

2. Рукавишников В.А., Усанова Е.В. Базовая геометро-графическая подготовка специалистов в области техники и технологии: моногр. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2018. 126 с.

3. Хамитова Д.В., Николаев К.В. Инженерное геометрическое моделирование – внедрение в жизнь // КОГРАФ – 2019: матер. 29-й конф. по графич. информ. технологиям. Н.Новгород, 2019. С. 79–93.

4. Рукавишников А.А., Прец М.А. Компьютерная графика как технология современного проектирования и дизайна // Современные цифровые технологии: проблемы, решения, перспективы: матер. Нац. (с междунар. участием) науч.-практ. конф. / под общ. ред. ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллазянова. Казань, 2022. С. 223–226.

5. Мусин Д.Т. Дистанционное обучение – проблемы контроля // Образование: традиции и инновации: матер. VIII Междунар. науч.-практ. конф. / отв. ред. Н.В. Уварина. Прага, 2015. С. 353–355.

УДК 378

ЭМОЦИОНАЛЬНАЯ НЕСТАБИЛЬНОСТЬ СТУДЕНЧЕСКОЙ МОЛОДЕЖИ В УСЛОВИЯХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ

Мымрина Мария Андреевна[1], Слесаренко Зарина Ринатовна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]mymrina.04@inbox.ru, [2]rzarina78@mail.ru

В статье представлен теоретический анализ «эмоциональной нестабильности» и ее причины возникновения у студенческой молодежи в условиях образовательного учреждения. Автор проводит диагностическое исследование на предмет выявления эмоциональной нестабильности среди студентов. В заключение обосновывается мысль о том, такая проблема присутствует и для ее решения необходимо разработать систему или методы формирования эмоциональной стабильности у молодых людей в условиях образовательного учреждения.

Ключевые слова: эмоциональная нестабильность, тревожность, тревожное состояние, образование.

EMOTIONAL INSTABILITY OF STUDENTS IN AN EDUCATIONAL INSTITUTION

Mymrina Varina Fndreevna[1], Slesarenko Zarina Rinatovna [2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]mymrina.04@inbox.ru, [2]rzarina78@mail.ru

The article presents a theoretical analysis of “emotional instability” and its causes in students in an educational institution. The author conducts a diagnostic study to identify emotional instability among students. In conclusion, the idea is substantiated that such a problem is present and to solve it, it is necessary to develop a system or methods for the formation of emotional stability in young people in an educational institution.

Keywords: emotional instability, anxiety, anxiety, education.

В последнее время отмечается рост эмоциональной нестабильности среди лиц молодого возраста (с 16 до 21 года). Это связано с интеллектуальными, эмоциональными, морально-нравственными и волевыми изменениями, обусловленными появлением различных новообразований в сфере индивидуального сознания. Как правило, молодые люди плохо контролируют свои эмоции. А переход к взрослой жизни способствует

тому, что возникают различные соблазны испытать много ощущений, не заду-мываясь о последствиях. Кроме того, в процессе обучения у студентов прослеживаются серьезные умственные нагрузки, что также сказывается на их психическом и эмоциональном состоянии.

Цель нашего исследования – выявить причины возникновения эмоциональной нестабильности у студенческой молодежи в условиях образовательного учреждения. Провести диагностическое исследование на предмет выявления эмоциональной нестабильности среди молодых людей КГЭУ.

Человеку свойственно проявлять различные эмоции. Но происходят они у всех по-разному: одни люди могут бурно проявлять чувства, другие – спокойно. Исходя из этого в исследовательской литературе выделяют стабильную и нестабильную состояния человеческой психики.

Когда человек реагирует на происходящие события адекватно, спокойно, он эмоционально устойчивый, выдержанный, работоспособный. Это говорит о нормальном, стабильном состоянии его психики. Для эмоциональной нестабильности характерны перепады настроения, импульсивные поступки и слова, ослабленный контроль над собой, изменчивость в настроении, низкая толерантность. Иногда незначительная проблема может сильно сказаться на работоспособности личности, изменив ее привычную жизнь [1]. Такие люди обычно раздражительные и агрессивные.

Студенты первого курса – это молодые люди, которые вступают во взрослую жизнь. Они сталкиваются с различными трудностями и проблемами. В результате неокрепшее психическое состояние вчерашних школьников не выдерживает таких быстрых изменений.

В число стрессовых ситуаций молодых людей входит переезд в другой город от родителей. В этом случае возрастает ответственность за себя и свою дальнейшую жизнь, меняется социальный статус, появляются новые знакомые, иная форма обучения и т. п. [3] В силу индивидуальных психических особенностей не все молодые люди легко и быстро вливаются в студенческую жизнь и коллектив группы.

В связи с высокой нагрузкой, обусловленной спецификой учебной деятельности студентов, а также требовательностью преподавателей возникает перенапряжение не только умственной, но и психической сферы, которое сказывается и на здоровье молодых людей. Как правило у молодых людей наблюдаются изменения в гормональной системе,

снижается иммунитет [3]. Большую часть времени студенты учатся, меньше часов уделяется отдыху (нередко из-за нехватки времени его нет) и сну (спят 5-6 часов). Все это приводит к эмоциональному напряжению и нестабильности, что вызывает страх, раздражительность, тревожность, неуверенность, депрессию и т. п. В свою очередь, эмоциональная нестабильность влияет на процесс обучения в вузе.

В настоящем исследовании мы предприняли попытку проанализировать эмоциональную нестабильность (тревожное состояние) у студентов КГЭУ первых курсов. В исследовании приняла участие группа АВБ-1-22. Количество испытуемых – 20 человек.

Для определения уровня тревоги и депрессии был использован опросник Ж. Тейлора [2]. Он состоит из 31 вопросов, на которые испытуемые должны ответить отрицательно или утвердительно.

Изучив степень эмоциональной тревожности у студентов группы АВБ-1-22 били получены следующие результаты. В основном большая часть студентов с хорошей эмоциональной устойчивостью – 15 человек (80 %), 5 человек (20 %) представили результаты средней эмоциональной тревоги. Этим студентам необходимы срочные меры для избавления от отрицательных эмоций. Студентов с высоким уровнем тревожности не оказалось.

Мы подобрали несколько рекомендаций которые могут помочь студентам справится с тревожностью и депрессией:

1) регулярно высыпайтесь;

2) больше гуляйте на свежем воздухе;

3) ставьте перед собой только реальные цели;

4) расскажите о своих неприятностях близкому человеку;

5) знайте свои подъёмы и спады настроения;

6) не старайтесь угодить всем – это не реально;

7) не торопитесь принимать какие-либо решения, а сначала успокойтесь;

8) выделяйте в день хотя бы один час для себя [4].

Таким образом мы выяснили, что безусловно такая проблема присутствует и для ее решения необходимо разработать систему или методы формирования эмоциональной стабильности у молодых людей. Так, например, если в вузах проводить психопрофилактические мероприятия в виде лекции или круглого стола, то эмоциональная

стабильность студентов будет высокая. Следовательно, саморазвитие и активность молодых людей в процессе обучения в вузе будет качественным и эффективным.

Источники

1. Карпенко Л.А. Краткий психологический словарь / под общ. ред. А.В. Петровского, М.Г. Ярошевского. М.: Политиздат, 1985. 431 с.

2. Методика «Тревожность студентов» [Электронный ресурс]. URL: https://psy.wikireading.ru/hxQkbg3GsC (дата обращения: 10.11.2022).

3. Прихожан А.М. Причины, профилактика и преодоление тревожности // Психологическая наука и образование. 1998. № 2. С. 21–29.

4. Прокопенко Л.А., Черцова А.И. Психопрофилактика эмоционального напряжения студентов вуза [Электронный рерус] // Международный журнал экспериментального образования. 2016. № 12–2. С. 225–227. URL: https://expeducation.ru/ru/article/view?id=10936 (дата обращения: 10.11.2022).

УДК 92+336.02

ПЕРВАЯ В МИРЕ ФИНАНСОВАЯ ПИРАМИДА И ВКЛАД ИСААКА НЬЮТОНА В МИРОВУЮ ЭКОНОМИКУ

Нассер Марьям Гассан[1], Слесаренко Зарина Ринатовна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]nasser.meow123@gmail.com, [2]rzarina78@mail.ru

В статье рассмотрена экономическая деятельность Исаака Ньютона, реформировавшего денежную систему в Англии. Эта мера способствовала стабилизации ситуации с серебряными деньгами в стране. Также рассмотрен вопрос финансовой пирамиды и участие И. Ньютона в этой системе. В заключение обосновано, что финансовая деятельность Ньютона принесла пользу Англии, но не самому ученому.

Ключевые слова: Исаак Ньютон, Монетный двор, монеты, чеканка, Великая перечеканка, Королевский Монетный двор, мыльный пузырь.

THE WORLD'S FIRST PYRAMID SCHEME AND ISAAC NEWTON'S CONTRIBUTION TO THE WORLD ECONOMY

Nasser Maryam Ghassan[1], Slesarenko Zarina Rinatovna[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]nasser.meow123@gmail.com, [2]rzarina78@mail.ru

The article examines the economic activity of Isaac Newton, who reformed the monetary system in England. This measure helped to stabilize the situation with silver money in the country. The issue of the pyramid scheme and the participation of I. Newton in this system is also considered. In conclusion, it is proved that Newton's financial activities benefited England, but not the scientist himself.

Keywords: Isaac Newton, Mint, coins, coinage, Great coinage, Royal Mint, soap bubble.

Со школы мы знаем Исаака Ньютона как мирового ученого в области естественных наук, автора многих книг и великих открытий. Человека, сформировавшего современную классическую физику и построившего фундамент для её изучения. Но мало кто знает, что И. Ньютон принимал активное участие в социополитической и экономической деятельности своей страны. В частности, благодаря ученому в Англии была проведена денежная реформа (1695–1697 гг.), получившая название Великая Перечеканка. В 1696 г. Ньютон был назначен Смотрителем (Warden), а в 1699 г. Директором (Master) Королевского Монетного двора [3].

До 1725 г. на посту Директора И. Ньютон находился бессменно. За огромные заслуги перед государством он был возведен в рыцарское достоинство королевой Анной.

В исследовательской литературе мало сведений относительно участия Ньютона в проведении денежной реформы. Имеются незначительные архивные документы, обнародованные в 20-е гг. Малая часть этих документов выставлялись в 1936 г. на аукционе в Лондоне [1], затем частичная публикация стала возможной только после Второй мировой войны из-за опасений, что содержащаяся в них информация может быть использована немецкой разведкой. Публикацию осуществил Директор Монетного двора Дж. Крэйг [4]. Обнародованные сведения стали основополагающим источником для современных исследователей творчества Ньютона.

Цель данной работы – ознакомиться с экономической деятельностью Исаака Ньютона, реформировавшего денежную систему в Англии и повлиявшую на мировую экономику.

Первые финансовые шаги Ньютона прослеживаются с 1696 г., когда ученый был назначен смотрителем Королевского монетного двора. Еще до прихода Ньютона к новой должности Англия была бедной страной. Ее экономика была подорвана революциями и воинами.

В финансовой системе Англии XVII в. существовала серьезная проблема порчи серебряных монет. Монеты до 1662 г. выпускались вручную, ее края были не совсем ровными. Находились смельчаки, которые отрезали ее края. Цена монеты снизилась и для торговых отношений за границей она была не пригодна. После 1662 года монету пытались защитить. Стали изготавливать новые монеты, которые невозможно было скопировать, а по краям наносился специальный узор, не позволявший отрезать её края.

Но судьба новых денег тоже была плачевна: они изымались из обращения, переплавлялись в слитки и, несмотря на строгий таможенный контроль вывозились за границу [2]. Таким образом, в Англии оставались только порченные, обесцененные деньги. Усугублялась ситуация появлением мошенничества и бесхозяйственности Казначейства в период Реставрации Стюартов [5]. Это приводило к разорению Англии и именно тогда правительство обратилось с Ньютону. Ученый провел реформу, получившей название Великая перечеканка, будучи смотрителем, а затем директором Королевского Монетного двора. Великая перечеканка Ньютона принесла успех Англии. Джон Мей-нард Кейнс, который управлял финансами Великобритании во время Первой мировой войны, назвал

И. Ньютона «одним из величайших и самых эффективных наших госслужащих» [1]. Следует понимать, что, будучи государственным деятелем Ньютон не отказался от науки. Он уделял должное внимание физике, математике, богословию, работал над созданием теории биметаллического стандарта. Казалось бы, Ньютон получил все, что он желал: известность, востребованность страной, положение и при этом не переставал быть гением мысли [1].

До работы в монетном дворе финансовое положение Ньютона было скудным, однако через сравнительно которое время он превращается в богатого человека. К 1719 г. его состояние составляло около 5,7 млн долларов, которых в последующем у него не оказалось, поскольку все заработанные деньги он вложил в Компанию Южных Морей. В 1719 г. Ньютон приобрел все акции компании (3000 футов стерлингов) и через приобрел неплохие деньги (7000 футов стерлингов). Затем он вложил сверх этих денег дополнительные 40000 футов (все, что у него было), купив акции по высокой цене.

Компания обещала большую прибыль за счет торговли в Южной Америке, и многие лондонцы поверили в нее (не задумываясь, что компания тайно торговала рабами в Южной Америке). Акционерный ажиотаж всполохнул по всей стране, появлялись такие компании как: «Компания по созданию вечного двигателя», «Компания по улучшению искусства делать мыло», «Компания для осуществления большой выгоды, но никто не знает какой» – таких компаний возникло около двухсот. Никакую реальную выгоду они не приносили, а лишь наживались за счёт спекулятивных действий. Тогда граждане Англии Прозвали их «мыльными пузырями». В августе 1720 г. наступила пора выплачивать дивиденды, компания представляла свои возможности, поэтому она начала продавать акции из своих активов. В результате цена акций упала на 800 футов стерлингов, это явление назвали «лопнувши пузырем». В итоге это привело к разорению большинства населения, среди которых были Исаак Ньютон, а также вельможи Королевского двора и обычные сапожники. Уровень доверия к государству резко упал. Тогда королевство приняло закон «о пузырях», который запрещал созданиие акционерных обществ без согласия парламента, хотя самый большой пузырь «был надут» самим государством. В будущем государство ещё много раз обратится к подобным схема, в виде лотерей и государственных облигаций. Мир все же научится различать настоящие компании от пузырей. Ньютон попался в капкан, от которого в последствие предостерегал всех своих друзей.

Таким образом, жизнь Ньютона была тесно связана с экономическими, политическими и научными особенностями того времени: переходом от феодализма к капитализму, признанием практической пользы науки, пересмотром роли денег в жизни общества. Творческая деятельность Ньютона в области физики и математики составили сущность научной революции XVII в. и сыграли огромную роль в промышленной революции XVIII в. А у истоков новой экономической политики Англии стоял Исаак Ньютон.

Источники

1. Вавилов С.И. Исаак Ньютон. 1643–1727. М.: Наука, 1989. 271 с.
2. Исаак Ньютон – основоположник финансовой системы Англии [Электронный ресурс]. URL: https://aftershock.news/?q=node/572853&full (дата обращения: 10.11.2022).
3. Менцин Ю.Л. Монетный двор и вселенная [Электронный ресурс]. URL: https://www.warandpeace.ru/ru/analysis/view/60407/ (дата обращения: 10.11.2022).
4. Craig I. Isaac Newton – Crime Investigator // Nature. 1958. Vol. 182, Is. 4629. Pp. 149–152.
5. Fay C.R. Newton and the gold standard // Cambridge Historical Journal. 1935. Vol. 5. Pp. 109–117.

УДК 378: [004:17]

НРАВСТВЕННЫЙ АСПЕКТ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Нуриахметова Флюра Мубаракзяновна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
nuriahmetova.fm@kgeu.ru

В статье рассматриваются проблемы цифровой трансформации сферы образования, в частности нравственный аспект подготовки современных инженеров, реализуемый на основе междисциплинарного подхода, предполагающего интеграцию естественно-научного, профессионального и гуманитарного знания. Автор отмечает, что в условиях современного информационного общества такой симбиоз позволит сформировать многомерное видение мира, морально-нравственные ориентиры и правовую ответственность молодежи как участников безопасной информационной образовательной среды и цифровой трансформации российского образования.

Ключевые слова: инженерное образование, нравственный аспект цифровизации, гуманитарное образование, образовательная среда.

MORAL ASPECT OF DIGITAL TRANSFORMATION OF ENGINEERING EDUCATION

Nuriakhmetova Flura Mubarakzynovna
Kazan State Power Engineering University, Kazan
nuriahmetova.fm@kgeu.ru

The article deals with the problems of digital transformation of the education sector, in particular the moral aspect of the training of modern engineers, implemented on the basis of an interdisciplinary approach that involves the integration of natural science, professional and humanitarian knowledge. The authors note that in the conditions of the modern information society, such a symbiosis will make it possible to form a multidimensional vision of the world, moral guidelines and legal responsibility of young people as participants in a safe information of educational environment and the digital transformation of Russian education.

Keewords: engineering education, moral aspect of digitalization, humanitarian education, educational environment.

Одной из наиболее важных национальных целей развития Российской Федерации на период до 2030 года является цифровая трансформация ключевых отраслей экономики и социальной сферы, в том числе и образования. В связи с этим перед университетами поставлена непростая задача проведения цифровой трансформации высшего образования, которая

предполагает разработку стратегий и программ цифровой трансформации и формирование цифровой образовательной среды, объединяющей всех участников образовательного процесса. Цифровизация образования, связанная с использованием компьютеров и всевозможных гаджетов последнего поколения таит в себе проблемы этического характера. Об этом предупреждали ученые, начиная с массового использования электронно-вычислительных машин (ЭВМ) еще в середине прошлого века [1]. Среди рисков цифровой трансформации образования в России необходимо отметить существующую на Западе противоречивость идеологических и морально-нравственных принципов при создании информационных баз знаний и систем искусственного интеллекта, нарушение субсидиарности этических норм по отношению к материальным, манипулирование информационными потоками в социальных сетях в политических и экономических интересах.

В условиях стремительно происходящего технологического прогресса нравственные принципы, являющиеся базовыми, универсальными в жизни общества, приобретают особые специфические черты в информационном пространстве. Использование многочисленных аккаунтов, ник-имен, торрент-доменов и т. п. разработчиками и пользователями цифровых технологий и систем существенно нарушает транспарентность коммуникаций, вступает в противоречие с правом на свободный доступ к информации. Эти проблемы приобретают сегодня особую актуальность, поскольку диапазон и сложность потенциальных нравственных коллизий, связанных с использованием цифровых технологий в воспитании и образовании подрастающего поколения, будут только расширяться. Значение нравственной составляющей для инженерного образования и ранее не теряло своей актуальности, но в условиях перехода к цифровизации всего комплекса инженерных знаний и вынужденного дистанцирования от западных стандартов и приоритетов, приобретает новое звучание.

В работах зарубежных и отечественных ученых отмечается, что формирование мышления будущих инженеров должно происходить на основе междисциплинарного подхода, который предполагает не только получение технических навыков и умений, но и основ гуманитарных знаний, формирующих ответственность специалиста перед обществом, осознанное восприятие общепринятых этических норм [2, 3]. Российское гуманитарное образование определяет моральные императивы студентов, соответствующие традиционным ценностям, направленные на гармонизацию интересов индивида и общества, ответственного (рефлексивного) отношения к себе и к миру в целом, формированию жизненной позиции, нравственных принципов и убеждений будущих специалистов.

К сожалению, в последние годы в высших учебных заведениях наблюдалось неправомерное сокращение аудиторных часов, отводимых на изучение общественных дисциплин, в частности истории. Не без основательным является Критическое осмысление западных стандартов образования (Болонской системы) в условиях нарастающей цифровизации требует повышения качества инженерно-технической подготовки не только профессиональных, но и общекультурных компетенций будущих специалистов, способных работать в условиях жесткой конкуренции и нестабильности мировых рынков [4].

Современная цифровизация гуманитарного образования предполагает прежде всего трансформацию в коммуникационной культуре, включающую интерактивность, дистанционность отношений между обучающимися и преподавателем, но при этом, важно понять, что даже самый совершенный компьютер не может полностью или частично заменить преподавателя, поскольку эффективность личной вербальной коммуникации приобретает иное смысловое значение. Очевидно, что информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) представляют неисчерпаемый потенциал для последующего совершенствования обучения, что приведет к существенному сокращению времени, отведенному для учебы, и сделает образовательный процесс интенсивным, позволит совершенствовать формы промежуточного и итогового контроля знаний обучающихся и в целом управления учебным процессом.

Таким образом, цифровизация инженерного образования, в частности, ее гуманитарной составляющей будет способствовать не только овладению современной профессией, но и повышению мотивации студентов к получению, усвоению и популяризации исторических, культурологических и других знаний, личностному развитию и самоидентификации будущих специалистов в пространстве отечественной культуры [5]. Коммуникативная стратегия цифрового обучения поможет расширить круг используемых образовательных сайтов, сделать обучение интерактивным и эффективным на всех уровнях образования. Следование нравственным нормам в процессе подготовки инженеров будет способствовать активизации их гражданской позиции и воспитанию патриотизма, ответственного отношения к общественному мнению в процессе коммуникации в социальных сетях, что станет важным регулятором в деле создании безопасной цифровой образовательной среды и цифровой трансформации российского образования.

Источники

1. Нуриахметова Ф.М., Холоднов В.Г. Этические аспекты цифровой трансформации российского образования // Kazan digital week – 2022: сб. матер. Междунар. форума / сост.: Р.Ш. Ахмадиева, Р.Н. Минниханов; под общ. ред. чл.-корр. АН РТ, д-ра техн. наук, проф. Р.Н. Минниханова. Казань, 2022. Ч. 1. С. 504–509.

2. Каган М.С. Перспективы развития гуманитарных наук в XXI веке // Методология гуманитарного знания в перспективе XXI в. К 80-летию проф. М.С. Кагана: матер. Междунар. науч. конф. СПб., 2001. Вып. 12. С. 9−14.

3. Prolegomenon to a Future Humanities Policy / R. Frodeman [et al.] // Philosophy Today. 2004. Vol. 48, Is. 5. Pp. 30−37.

4. Акимова К.С., Бородина Н.В., Данилова Н.А. Краткая история развития инженерной деятельности [Электронный ресурс] // Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. 2016. № 2. URL: http://ejournal.omgau.ru/index.php/spetsvypusk-2/31-spets02/396-00146 (дата обращения: 17.10.2022).

5. Панина Г.В. Инженерная этика: воспитание моральных компетенций // Ведомости прикладной этики. 2013. Вып. 43. С. 228–240.

УДК 744

ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАТНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

Прец Мария Арнольдовна[1], Рукавишников Виктор Алексеевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]precmari@gmail.com, [2]rukavishnikov_v@mail.ru

В статье рассматриваются особенности изучения технологии обратного проектирования при формировании у специалистов первого уровня проектно-конструкторской компетенции в условиях цифровой экономики.

Ключевые слова: цифровые компетенции, цифровые технологии обучения, цифровое проектирование, обратное проектирование, реверс-инжиниринг.

FEATURES OF STUDYING REVERSE ENGINEERING TECHNOLOGY IN THE TRAINING OF SPECIALISTS FOR THE DIGITAL ECONOMY

Prets Mariya Arnoldovna[1], Rukavishnikov Viktor Alekseevich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]precmari@gmail.com, [2]rukavishnikov_v@mail.ru

The article discusses the features of studying reverse engineering technology in the training of specialists of the first level of design competence in the digital economy.

Key words: digital competencies, digital learning technologies, industrial revolution, digital design, reverse engineering.

В условиях цифровой экономики и появления новых цифровых производств активно развиваются современные перспективные технологии. Одной из важнейших задач становится подготовка высококлассных специалистов нового цифрового поколения, способных осваивать и применять в своей профессиональной деятельности новейшие технологии, примером которых является обратное проектирование.

Обратное (или реверсивное) проектирование – это процесс получения конструкторской документации при наличии готового изделия образца. Задача обратного проектирования – создание цифровой трехмерной копии любого физического объекта. В результате работы должен быть изготовлен конструкторский документ на изделие.

Обратное проектирование является неотъемлемой частью любого цифрового производства. Например, при поломке оборудования любая деталь может быть оцифрована, доработана и изготовлена аддитивным или субтрактивным методом. Особенно актуальным это становится в условиях импортозамещения, давая возможность предприятиям заменить любую импортную деталь аналогами собственного производства.

Подстраиваясь под новый базис современной цифровой экономики, образование должно включать в себя изучение новых перспективных технологий. В КГЭУ на кафедре Инженерной графики обратное проектирование введено в процесс подготовки специалистов как один из модулей дисциплины ИГМ [1]. Основной задачей данного модуля является создание цифровой трехмерной копии физического объекта и создание на основе модели конструкторской документации. Сначала задания выдавались на учебном занятии в виде реальных сборочных единиц (вентили, краны и др.). Однако дисциплина ИГМ как системная модель подготовки является развивающейся и гибкой и оттого имеет свойство адаптироваться к постоянно изменяющимся условиям цифровой экономики. На смену физическим моделям пришли цифровые задания в формате 3D PDF, размещенные в ЭУК (электронном учебном курсе) [2]. Задание в виде виртуальной 3D модели можно разобрать на составляющие, изучить изделие, снять необходимые размеры и создать по ним 2D и 3D конструкторские документы. Студенты имеют доступ к заданиям в любое время и с любого электронного устройства при наличии сети Интернет, что способствует внеаудиторной самостоятельной деятельности.

В новом учебном году вводится изучение обратного проектирования с использованием инновационных 3D технологий (3D сканирование и аддитивные технологии). На данных занятиях студенты будут знакомиться с основными задачами и технологиями обратного проектирования. На первом этапе с помощью 3D сканера мы получаем цифровые геометрические характеристики прототипа в виде грубой трехмерную модель в формате STL (стереолитография), представляющей собой облако точек. Затем с помощью цифровых измерений переводим облако точек в полигональную трехмерную геометрическую модель изделия, для этого мы используем ПО Компас 3D [3]. Затем на основе 3D модели мы можем создать цифровую 2D и 3D конструкторскую документацию прототипа, и при необходимости внести изменения в конструкцию [4, 5].

Также на базе кафедры в новом учебном году будет проводиться олимпиада по реверсивному проектированию с использованием технологии 3D сканирования.

Внедрение перспективных цифровых технологий в учебный процесс способствует подготовке специалистов, востребованных на рынке труда в условиях цифровой экономики.

Источники

1. Рукавишников В.А., Уткин М.О. Цифровое моделирование как первый уровень формирования проектно-конструкторской компетенции: Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы: сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. / отв. ред. К.А. Вольхин. Новосибирск, 2019. С. 216–221.

2. Хамитова Д.В., Николаев К.В. Цифровые образовательные технологии в инженерном геометрическом моделировании // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VI Нац. науч.-практ. конференции. В 2 т. Казань, 2020. Т. 2. С. 158–160.

3. Филимонов С.С., Хамитова Д.В. Перспективы использования систем автоматизированного проектирования в образовательной среде // Тенденции развития науки образования. 2022. № 84-1. С. 112–114.

4. Зиангиров А.Ф., Фархутдинов М.М., Хамитова Д.В. 3D моделирование и 3D печать / Матер. Междунар. науч.-практ. конф. им. Д.И. Менделеева, посвящ. 90-летию проф Р.З. Магарила: матер. конф. Тюмень, 2022. С. 407–408.

5. Филимонов С.С., Хамитова Д.В. Использование 3D-печати в образовательной деятельности с целью улучшения восприятия учебного материала // КОГРАФ – 2021: сб. матер. 31-й Всерос. науч.-практ. конф. по графическим информационным технологиям и системам. Н. Новгород, 2021. С. 108–111.

УДК 378.147.88

ПРОБЛЕМА ВЫСШЕГО ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В НАШЕ ВРЕМЯ

Прокоп Георгий Светославович[1], Хисматуллин Азат Салаватович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «УГНТУ», г. Салават
[1]pgs2001@mail.ru, [2] hism5az@mail.ru

В статье рассматриваются возможные современные методы подхода к учебному процессу, сочетающие в себе структурирование информации в зависимости от ее логической последовательности, применение современных технологий для улучшения качества получаемых знаний при выполнении лабораторных и практических работ, реагирование на изменения требований рынка труда. Проведен анализ соответствия современного образования научно-техническому прогрессу. Представлены результаты эффективности образования.

Ключевые слова: учебный процесс, современные технологии, информационный менеджмент, трудовые ресурсы.

THE PROBLEM OF HIGHER ENGINEERING EDUCATION IN OUR TIME

Prokop Georgy Svetoslavovich[1], Khismatullin Azat Salavatovich[2]
[1,2]FSFEI HE “USPTU”, Salavat
[1]pgs2001@mail.ru, [2] hism5az@mail.ru

The article discusses possible modern methods of approach to the educational process, combining the structuring of information depending on its logical sequence, the use of modern technologies to improve the quality of knowledge gained in the performance of laboratory and practical work, responding to changes in the requirements of the labor market. An analysis of the correspondence of modern education to scientific and technological progress has been carried out. The results of the effectiveness of education are presented.

Keywords: educational process, modern technologies, information management, labor resources.

В видении опрошенных в ходе исследования студентов, заинтересованных в науке, основная проблема высшего инженерного образования в наше время состоит в совмещении научно-исследовательской деятельности и основной программы по специальности. Конкретизируя, абсолютно точно, можно назвать следующие проблемы:

– нехватка времени у студентов вследствие наложения множества задач из основной программы на множество задач из научно-исследовательской сферы;

– высокая загруженность преподавательского состава, и, как следствие, меньше времени на консультации, вопросы;

– нарушение эмоционального фона студентов, вследствие высокого уровня загруженности и наложения на него таких факторов, как недосыпание, стресс.

Наиболее перспективным решением данной проблемы – это интегрирование науки и образования в высших учебных заведениях, таким образом, чтобы основная бакалаврская программа, только для студентов, занимающихся наукой, могла бы быть одним целым с научной деятельностью, в соответствии с логической последовательностью изучаемого материала и уровня знаний студентов [1, с. 143]. Для более четкого понимания данной стратегии приведу пример. Студент второго курса и выше, занимающийся наукой в течении семестра накапливает комплекс знаний, которые, конечно же необходимо запомнить и пользоваться ими. По завершению дисциплины предлагается оценивать такого студента не с помощью экзамена, а посредством доклада о его научной деятельности в течении сестра, анализа его исследований и учета каких-либо идей от этого студента [2, с. 45]. Важным условием в данном подходе является обязательное использование и перенесение основополагающих знаний из основной программы в сферу науки. Например, студент должен отражать в своем научном докладе правила и нормы электробезопасности [3, с. 48].

Следующим аспектом в проблеме инженерного образования – это переквалификация. С каждым годом совершаются новые открытия в науке, воплощаются ранее предложенные выгодные технические решения, предлагаются новые технологии – и под все это необходимо подстраиваться не только производственному сектору, но и в первую очередь – образовательным учреждениям. В настоящее время все больше применяются технологии виртуальной реальности для проведения лабораторных работ [4, с. 56]. Такой подход обеспечивает возможность не собирать лабораторный стенд в аудитории, а смоделировать его и выполнять абсолютно любую лабораторную работу с полным ощущением реальности и без риска травм. Данная технология больше касается тех специальностей, где химия не фигурирует, т.к. порой сложно предугадать исход химической реакции. Совершенно иная ситуация с электротехникой, автоматикой, механикой, где практически все процессы описываются математически [5].

Подводя итоги можно сказать, что совмещение науки и образования вполне возможно. Учебный процесс в высших технических учреждениях обязан шагать в ногу со временем, следуя быстроизменяющимся тенденция научно-технического прогресса, позволяющим изучать дисциплины различными методами, включающими, например, технологии виртуальной реальности и другие разработки. При этом, такие изменения должны быть направлены на создание заинтересованности у студентов в их будущей профессии и на сокращение морально устаревших методов обучения.

Источники

1. Плотникова Л.В., Торкунова Ю.В. Программное обеспечение системного анализа сложноструктурированных промышленных комплексов при разработке энергосберегающих мероприятий // Вестник КГЭУ. 2022. Т. 14, № 53. С. 140–154.

2. Баширов М.Г., Юсупова И.Г., Биткулов Р.Д. Способ разработки программно-вычислительных комплексов для проектирования систем электроснабжения // Вестник КГЭУ. 2021. Т. 11, № 49. С. 37–51.

3. Улучшение системы электроснабжения цеха каталитического риформинга / Г.С. Прокоп [и др.] // Перспективы науки. 2022. № 3 (151). С. 44–50.

4. Прокоп Г.С., Исмоилов Х.И., Хисматуллин А.С. Проблема электромагнитной совместимости в со-временных счетчиках электрической энергии // Наука и бизнес: пути развития. 2021. № 11 (125). С. 53–58.

5. Учебный лабораторный стенд на основе микропроцессорного контроллера плк «Базис – 100»: пат. 209565 Рос. Федерация № 2021113951; заявл. 17.05.2021, опубл. 17.03.2022, Бюл. № 8.

УДК 378

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ФОРМИРОВАНИЮ КОМПЕТЕНЦИИ САМООРГАНИЗАЦИИ И САМОРАЗВИТИЯ У СТУДЕНТОВ ВУЗОВ

Романова Людмила Михайловна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
L.romanova76@mail.ru

В статье описана программа дисциплины, основной целью которой является формирование компетенции самоорганизации и саморазвития у студентов вузов. Содержание лекций и практических занятий основано на идеях непрерывного образования, самоорганизации и саморазвития личности, представленных в психолого-педагогической литературе.

Ключевые слова: саморазвитие, самоорганизация, самообразование, студент, высшее образование

CONTENT OF THE DISCIPLINE PROGRAM ON THE FORMATION OF SELF-ORGANIZATION COMPETENCE AND SELF-DEVELOPMENT OF UNIVERSITY STUDENTS

Romanova Lyudmila Mikhailovna
Kazan State Power Engineering University, Kazan
L.romanova76@mail.ru

The article describes the discipline program, the main purpose of which is to form the competence of university students self-organization and self-development. The content of lectures and practical classes is based on the ideas of continuous education, self-organization and self-development of the individual, presented in the psychological and pedagogical literature.

Keywords: self-development, self-organization, self-education, student, higher education.

Саморазвитие личности – это процесс количественного и качественного изменения ее духовных и физических сил с целью субъективной самоактуализации [1]. Саморазвитие направленно на самосовершенствование личности для достижения более благоприятного положения в обществе и стимулирует повышение уровня качества жизни человека. Оно является сложным процессом, имеет несколько этапов и видов.

Проблемы саморазвития, самоорганизации и самообразования личности изучали многие отечественные психологи и педагоги, в том числе Б.Г. Ананьев, В.И. Андреев, А.А. Бодалев, Л.С. Выготский, А.А. Деркач, М.М. Дудина, А.Д. Ишков, Н.С. Копеина, Л.Н. Куликова, А.А. Реан, Л.М. Митина, Л.Н. Шейко и др.

В настоящее время актуальность и необходимость самоорганизации и саморазвития личности подтверждается наличием универсальной компетенции «УК-6. Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни» в последних ФГОС по направлениям подготовки бакалавров, в т.ч. 130000 – Электроэнергетика и теплоэнергетика (в редакции с изменениями № 1456 от 26 ноября 2020 г.). В соответствии с вышесказанным на кафедре «Педагогика и история» КГЭУ была разработана [2] и внедрена в учебный процесс программа дисциплины «Технологии самообразования и самоорганизации» (см. таблицу).

Дисциплина читается в 1-м или 2-м семестрах, программа рассчитана на 104 академических часа и завершается дифференцированным зачетом.

Мы провели исследование на определение значимости различных видов саморазвития личности у студентов. Почти все студенты первого курса КГЭУ считают важным заниматься саморазвитием. По результатам анкетирования был установлен рейтинг: 1) морально-этическое воспитание – 88 %; 2) физическое саморазвитие (увлечение спортом) – 74 %; 3) саморазвитие в сфере ЗОЖ, самовоспитание, готовность к саморефлексии – по 59 %; 4) развитие творческих способностей – 58 %. На последнем месте (менее 50 % студентов) определена значимость самообразования в сфере научно-предметных знаний.

Содержание программы дисциплины

Тема лекционного занятия	Тема практического занятия	Виды работ	Самостоятельная работа
1-й модуль			
№ 1-2. Саморазвитие, самоорганизация. самообразование	№ 1. Знакомство с предметом дисциплины	Обсуждение, опрос	Психодиагностика (анализ результатов теста Кеттела), выполнение доп. заданий
№ 3-4. Учение о Человеке. Основные антропологические концепции	№ 2. Возрастная периодизация развития личности по Эриксону	Доклад, заполнение таблицы	
№ 5-6. Психологические теории о личности	№ 3. Темперамент и характер, их влияние на деятельность	Работа в подгруппах	

Окончание таблицы

Тема лекционного занятия	Тема практического занятия	Виды работ	Самостоятельная работа
2-й модуль			
№ 7-8. Мотивация и деятельность	№ 4. Техники целеполагания	Доклады (метод Альпы, матрица Эйзенхауэр)	Доклад с презентацией, выполнение доп. заданий
№ 9-10. Самоорганизация: история, подходы	№ 5. Техники планирования	Доклады (методика SMART, график Ганта)	
№ 11-12. Самоорганизация: виды, процессы	№ 6. Техники контроля и анализа деятельности	Доклады (хронометраж, SWOT-анализ)	
3-й модуль			
№ 13-15. Образование и самообразование	№ 7. Индивидуальная образовательная траектория (ИОТ)	Построение и анализ моделей ИОТ	ИОТ, план развития карьеры, словарь НИР, программа саморазвития
№ 16-18. Профессиональная деятельность и карьера	№ 8. Разработка проектных работ	Итоговое тестирование, защита проектов	

Саморазвитие, самообразование и самоорганизация личности, являются важными, непрерывными, вариативными, многокомпонентными, взаимосвязанными процессами, затрагивающими различные сферы жизни человека. Поэтому при формировании у студентов соответствующей компетенции требуется обоснованность и научный подход в выборе содержания и технологий обучения.

Источники

1. Психология саморазвития человека в системе «образование – профессия – общество»: подходы и результаты исследований: коллективная моногр. / под ред. М.М. Дудиной. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2015. 270 с.

2. Романова Л.М. Проектирование программы формирования компетенций самоорганизации у студентов вуза // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2017. № 1 (33). С. 105–114.

УДК 744

ОБРАЗОВАНИЕ И 3D ЦИФРОВАЯ ИНДУСТРИАЛЬНАЯ РЕВОЛЮЦИЯ

Рукавишников Виктор Алексеевич[1], Прец Мария Арнольдовна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]rukavishnikov_v@mail.ru, [2]precmari@gmail.com

В условиях смены индустриального базиса и цели подготовки специалистов в вузе исключительно важно, что бы модель (цель) подготовки специалистов была адаптивной, мгновенно подстраиваясь под быстро меняющиеся требования цифровой экономики. Предлагаемая ФГОС «совокупностная» модель не обладает таким свойствами. Модель подготовки может быть только системой.

Ключевые слова: Индустриальная революция, цифровые компетенции, совокупностная и системная модель подготовки, цель подготовки, дерево целей.

EDUCATION AND THE 3D DIGITAL INDUSTRIAL REVOLUTION

Rukavishnikov Viktor Alekseevich[1], Pepper Maria Arnoldovna[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]rukavishnikov_v@mail.ru, [2]precmari@gmail.com

In the conditions of changing the industrial basis and the purpose of training specialists at the university, it is extremely important that the model (purpose) of training specialists be adaptive, instantly adapting to the rapidly changing digital economy. The proposed FGOS “aggregate” model does not have such properties. The training model can only be a system.

Keywords: Industrial revolution, digital competencies, aggregate and system model of training, training goal, goal tree.

3D цифровая индустриальная революция уже более 20 лет шагает по миру. Впервые размерность модели совпала с оригиналом, появились параметрические, динамические, имитационные и др. электронные модели. 3D модель стала информационно-интегративной основой всех этапов ЖЦИ. 3D цифровые станки, цеха, заводы, комплексы становятся основой современной цифровой экономики. Смена индустриального базиса, переход с 2D на 3D цифровые технологии, привели к появлению качественно новых технологий: 3D проектирование, аддитивные, 3D сканирование, облачные, цифровые двойники и др.

Активное внедрение систем автоматизации и информационно-коммуникационных технологий уже вызвали несколько волн индустриальной революции, выводя цифровую экономику на качественно новый уровень [1–5]. Впереди нас ждут все новые и новые волны.

Новому индустриальному базису потребовалась новая надстройка – новое 3D цифровое образование. Перед университетами поставлена принципиально новая цель – подготовка конкурентоспособных специалистов 3D цифрового поколения, способных проектировать, строить, эксплуатировать, руководить 3D цифровой экономикой. Но это не цель, а скорее требование (пожелание) того, каким должен быть специалист. Цель – это модель специалиста 3D цифровой экономики. Методологической основой формирования модели специалиста является профессиональная деятельность, представляющая собой сложную многоуровневую систему отдельных видов деятельности, одна из которых является системообразующей.

Из сказанного следует, что целью подготовки современного специалиста должна быть система цифровых профессиональных компетенций, одна из которых является системообразующей. Каждая цифровая компетенция, как элемент системы, является фактически одной из целей подготовки, образующих систему целей в виде дерева целей.

Таким образом, целью (модель специалиста) подготовки должна представлять собой систему (дерево) цифровых компетенций. Главная особенность системы – это наличие у неё цели, и способность мгновенно перестраиваться под новые требования 3D цифрового индустриального базиса.

Однако существующая модель подготовки специалистов в вузе согласно ФГОС представляет собой совокупность (набор) компетенций, которая не имеет цели. Нет цели, не может быть и результата. За результат подготовки можно выдать все что угодно. С треском провались все версии ФГОС с плюсами и без них. С неистовым упорством нам предлагают новые версии той же «совокупностной» модели подготовки, меняя названия общекультурных компетенций или маскируя их, смешивая с общеобразовательными компетенциями.

В ФГОС общекультурные компетенции (от ключевых до универсальных) собраны в первой группе, опережающей по важности профессиональные и общепрофессиональных компетенции, а это уже за гранью разума. В последней версии ФГОС в набор «универсальных» компетенций включили «общеобразовательные» компетенции.

Однако компетенции общекультурного типа, на наш взгляд, вообще не являются компетенциями, поскольку не имеют своего предмета деятельности. Они отвечают на вопрос, как должен специалист осуществлять «неопределенную» деятельность, а не то, на что он должен быть способен создать. Это скорее набор принципов, но никак не компетенций. Смешивая компетенции с принципами и не имея цели, невозможно спроектировать систему компетенций (главную цель и дерево целей), а значит и системную модель подготовки специалистов.

Таким образом, «совокупностная» модель подготовки специалистов в вузе, предлагаемая ФГОС, изначально является тупиковой. В условиях 3D цифровой революции нужна адаптивная модель подготовки, а это системная модель.

Источники

1. Рукавишников В.А., Халуева В.В., Муртазина Д.Н. Геометромодельная подготовка конкурентоспособных специалистов в энергетической отрасли // Проблемы энергетики. 2014. № 3-4. С. 115–122.
2. Рукавишников В.А., Халуева В.В. Компетентностно-модульная модель подготовки специалиста как системный объект проектирования // Вестник КГЭУ. 2016. № 3. С. 124–133.
3. Рукавишников В.А. Актуализация образовательных стандартов четвертого поколения // Вестник КГЭУ. 2016. № 4. С. 156–164.
4. Хамитова Д.В., Николаев К.В. Возможности использования цифровых технологий в преподавании графических дисциплин в геометро-графической подготовке студентов // КОГРАФ – 2020: матер. 30-й Всерос. науч.-практ. конф. по графическим информационным технологиям и системам. Н. Новгород, 2020. С. 170–175.
5. Хамитова Д.В., Николаев К.В. Цифровые образовательные технологии в инженерном геометрическом моделировании // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VI Нац. науч.-практ. конф. Казань, 2020. Т. 2. С. 158–160.

УДК 004.051

ТЕХНОЛОГИИ VR И AR В ОБУЧЕНИИ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ

Сафаров Ильдар Мирсаяфович[1], Баймурзин Альберт Хамитович[2],
Сафин Марат Абдулбариевич[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]ildarsafarov@mail.ru, [2]albertkhamitovich@gmail.com

В данной статье мы рассмотрели эффективность технологий дополненной и виртуальной реальности (AR,VR) для повышения уровня профессиональной компетенции будущих инженеров. Рассмотрены интеллектуальные автоматизированные технологии, позволяющие имитировать процессы производства, изучать прикладные виды деятельности различных областей, отрабатывать аварийные ситуации и тестировать уровень подготовки.

Ключевые слова: AR,VR, автоматизация, технологии, интеллектуальные технологии, процессы производства.

VR AND AR TECHNOLOGIES IN ENGINEERING STAFF TRAINING

Safarov Ildar Mirsayafovich[1], Baymurzin Albert Khamitovich[2],
[3]Safin Marat Abdulbarievich
[1,2,3]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]ildarsafarov@mail.ru, [2]albertkhamitovich@gmail.com

Annotation: In this article, we examined the effectiveness of augmented and virtual reality technologies (AR, VR) to increase the level of professional competence of future engineers. Intelligent automated technologies are considered that allow simulating production processes, studying applied activities in various areas, working out emergency situations and testing the level of training.

Keywords: AR, VR, automation, technologies, intelligent technologies, production processes.

Сегодня большое количество крупных промышленных компаний сталкиваются с проблемой нехватки высококвалифицированных кадров и стареющей рабочей силы. Для решения данной ситуации компании вынуждены обучать своих сотрудников эффективнее, массово используя передовые информационных технологий в контексте глобальной автоматизации и развитии искусственного интеллекта. Повышение эффективности обучение будущих инженерных кадров обеспечивают технологии виртуальной симуляции на основе AR и VR, которые в свою очередь полностью подходят для нового поколения, выросшего в период всеобъемлющей цифровой трансформации [1].

Подробнее разберем технологии VR и AR. Потребность в данных технологиях была вызвана недостатком практического опыта новых кадров, большое количество дорогостоящего оборудование выходит из строя, а сотрудники получают многочисленные травмы. Технология VR представляет собой полное погружение в виртуальные процессы производства и взаимодействие с ним, в дополненной реальности, реальный мир дополняется трехмерными цифровыми объектами, благодаря чему мы можем видеть информацию большое количество прикладной технической информации перед своими глазами [2, 3]. Для функционирования технологии ВР необходимы иммерсивные устройства, такие как VR-очки или шлем VR-перчатки, VR-костюм, VR-локация. Одними из лучших устройств внедряемые в процессы подготовки персонала и обучение будущих кадров являются: Oculus Quest Samsung Gear VR HTC Vive Pro Focus 3 Sony Playstation VR Valve Index HP Reverb G2. VR-шлем используют для воспроизведения 3D модели производственного процесса, для взаимодействия с которым инженер надевает перчатки, куртку, штаны и не редко жилетом, оборудованными чувствительными сенсорами, расположенными в определенных местах для точного считывания данных, используемых для полного погружения в виртуальную реальность [5]. AR технологии для полного функционирования необходимы виртуальные очки или интеллектуальные шлемы дополненной реальности, оборудованными датчиками и сенсорами, считывающие окружающее пространство, тем самым обеспечивающие реалистичное взаимодействие с инженерной инфраструктурой. Одними из самых популярных решений в сфере AR являются очки дополненной реальности компании RealWear – модели HMT-1 и HMT-1Z1.

Рассмотренные технологические решения в процессе обучения кадров и производства, позволят связывать людей и активы на рабочих местах, сократить срок подготовки специалистов на несколько месяцев, обеспечив повышенную вовлеченность обучающихся, а образовательные программы интерактивными [4].

Таким образом, с момента прихода на предприятие, новые кадры отличаются высоким уровенем профессиональной подготовки, повышенной адаптивностью к изменяющимся процессам производства и способствуют развитию производства в целом. Однако, главное преимущество автоматизированных технологий VR и AR их универсальность, обусловленная ее масштабируемостью.

Источники

1. Утегенов Нұрдәулет Бауыржанұлы. Виртуальная и дополненная реальности (VR И AR) [Электронный ресурс] // Universum: технические науки. 2022. № 7-1 (100). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/virtualnaya-i-dopolnennaya-realnosti-vr-i-ar (дата обращения: 28.10.2022).

2. Мухамадиева Кибриё Бахадировна. Дополненная и виртуальная реальность в образовании [Электронный ресурс] // Образование и проблемы развития общества. 2021. № 1 (14). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/dopolnennaya-i-virtualnaya-realnost-v-obrazovanii (дата обращения: 29.10.2022).

3. Юхин Е.Г., Хафизов А.М. Перспективы применения виртуальных тренажеров впромышленном производстве [Электронный ресурс] // Евразийский научный журнал. 2016. № 4. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-primeneniya-virtualnyh-trenazherov-vpromyshlennom-proizvodstve (дата обращения: 05.11.2022).

4. Юсупова И.В., Нугуманова Л.Ф., Селезнев Д.К. Стратегические основы инновационного развития Республики Татарстан // Вестник КГЭУ. 2018. Т. 10, № 1 (37). С. 133–139.

5. Маслова Ю.А., Белов Ю.С. Технологии дополненной реальности [Электронный ресурс] // E-Scio. 2022. № 2 (65). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-dopolnennoy-realnosti (дата обращения: 08.11.2022).

УДК 004

ЧЕЛОВЕК И ЦИФРОВАЯ РЕАЛЬНОСТЬ

Сафина Карина Ильдаровна[1], Зарипова Римма Солтановна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]safina.karina02@icloud.com, [2]zarrimma@mail.ru

В статье рассмотрено негативное и положительное влияние цифровизации на человеческую жизнь, проанализировано воздействие цифровых устройств на здоровье человека, мировоззрение и развитие интеллекта современных людей.

Ключевые слова: информационные технологии, цифровые устройства, гаджеты, цифровая реальность, человек.

HUMAN AND DIGITAL REALITY

Safina Karina Ildarovna[1], Zaripova Rimma Soltanovna[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]safina.karina02@icloud.com, [2]zarrimma@mail.ru

The article examines the negative and positive impact of digitalization on human life, analyzes the impact of digital devices on human health, worldview and the development of intelligence of modern people.

Keywords: information technology, digital devices, gadgets, digital reality, human.

В информационном виртуальном мире возник новый подвид человека, которого стали называть человек цифровой. Словосочетание «цифровая реальность» стремительно ворвалось в обиход человека, употребляют его все чаще и это становится модно, стильно, современно. Без простейшего компьютера, ноутбука, смартфона и прочих цифровых устройств уже многое немыслимо, в том числе и бытовое существование современного человека. Гаджеты стали обычным предметом современной жизни, услуги сотовой связи и функциональных возможностей с интернет ресурсами расширяются, «оцифровывание» нашей жизни продолжается. Человек в современном цифровом пространстве отличается от человека, жившего лет 30 назад. Эти изменения видны не только на взрослых людях, но и на юных жителях нашей планеты. Со стороны кажется, что для молодого поколения виртуальный и реальный миры равноценны. Они не видят различий между мирами и с легкостью переходят из одного в другой [1, с. 603]. В современной среде телефон стал показателем

статусности и престижности его владельца. Но какое же воздействие оказывают на здоровье, мировоззрение и развитие интеллекта цифровые устройства?

Постоянное использование телефонов ведет к формированию особого типа восприятия. Например, учащиеся, используя гаджеты в учебных заведениях, привыкают воспринимать визуальную и слуховую информацию в усечённом объёме, ограниченную экраном дисплея мобильного телефона [2]. В дальнейшем эта привычка приводит к проблемам с восприятием и пониманием смыслов текстов печатной информации.

В век цифровой реальности гаджеты стали неотъемлемой частью жизни человека. Люди всё свое свободное время проводят в Интернете, за решением любой жизненной проблемы обращаются к цифровым устройствам. Поглощая время, необходимое на саморазвитие, прогулки с друзьями, занятия спортом, у человека появляется психологическая зависимость.

На почве высоких темпов развития информационных технологий, есть вероятность возникновения «мёртвой эпохи» для последующих поколений: о ней останется гораздо меньше документов, свидетельствующих об её существовании. Например, электронные носители, на которых мы часто храним информацию, не так долговечны как бумага, потому что часто подвергаются вирусам.

Следует отметить, что цифровые устройства имеют, как негативные, так и положительные стороны. Часто в жизни человека возникает потребность срочного поиска информации, в Интернете он может найти необходимые данные в течение нескольких минут. Фото и видео позволяют быстро фиксировать и обрабатывать информацию, используя её потом в творческой работе [3]. Так, мобильный телефон открывает огромный простор для креативного самовыражения.

Таким образом, потребление человека в цифровом обществе представляет собой процесс, подразумевающий определенный стандарт образа жизни, потребления информационных благ, исключающий культурное развитие, и лишает его духовности и живого общения [4]. Цифровая реальность – это бездуховная цивилизация, это новые ценности, принципы этики, поведенческие практики, которые коренным образом меняет человека. Поскольку «оцифровывание» будет продолжаться, необходимо знать меру использования информационных технологий и не забывать, что мы живем в реальном мире, а не в виртуальном, поэтому важно поддерживать живую связь с близкими людьми и наслаждаться реальной жизнью [5].

Источники

1. Алемасов Е.П., Зарипова Р.С. Модернизация образования посредством интеграции информационных технологий в процесс обучения // Приоритетные направления развития спорта, туризма, образования и науки: матер. Междунар. науч.-практ. конф. Н. Новгород, 2021. С. 603–605.

2. Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Внедрение инновационных технологий в учебный процесс // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VI Нац. науч.-практ. конф. Казань, 2020. С. 161–163.

3. Зарипова Р.С., Бикеева Н.Г. Исследование влияния информационных технологий на формирование ценностных ориентаций современных студентов // Современные исследования социальных проблем. 2018. Т. 9, № 7-2. С. 110–113.

4. Пырнова О.А., Зарипова Р.С. Интернет как средство обучения // International Journal of Advanced Studies in Education and Sociology. 2018. Т. 2. С. 41–44.

5. Никитина У.О., Зарипова Р.С. Перспективы и возможности мобильного образования // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VI Нац. науч.-практ. конф. Казань, 2020. С. 190–191.

УДК 338.2

АНАЛИЗ ТРЕНДОВ ПО ИНВЕСТИЦИОННЫМ ПЛОЩАДКАМ В МИРОВОЙ ПРАКТИКЕ

Селезнев Даниил Кириллович[1], Пелевин Олег Владимирович[2]
[1]ФГБОУ ВО «КНИТУ-КХТИ»,
[2]Министерство экономики Республики Татарстан,
г. Казань
[1]bigbossutrinos229@gmail.com, [2]Oleg.Pelevin@tatar.ru

Тема инвестиционных площадок активно рассматривается в аналитических материалах международных организаций и консалтинговых агентств в инвестиционной сфере. Так, на основе трендов выпущенного в 2022 г. ежегодного доклада Конференции ООН по торговле и развитию (ЮНКТАД) по инвестициям в мире можно сделать вывод, что более 70 % налоговых льгот в мире были направлены на содействие развитию особых экономических зон (далее – ОЭЗ), а 30 % – на развитие конкретной территории в стране. Для сравнения, в России предпочтение отдается промышленным паркам. Например, в Республике Татарстан из 105 инвестиционных площадок 2 – ОЭЗ.

Ключевые слова: инвестиции, инвестиционные площадки, конкуренция, особые экономические зоны (ОЭЗ), налоги.

ANALYSIS OF TRENDS ON INVESTMENT PLATFORMS IN WORLD PRACTICE

Seleznev Daniel Kirillovich[1], Pelevin Oleg Vladimirovich[2]
[1]KNRTU, [2]Ministry of economy of the Republic of Tatarstan,
Kazan
[1]bigbossutrinos229@gmail.com, [2]Oleg.Pelevin@tatar.ru

The topic of investment platforms is actively considered in the analytical materials of international organizations and consulting agencies in the investment field. Thus, based on the trends of the annual report of the United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) on investments in the world released in 2022, it can be concluded that more than 70 % of tax benefits in the world were aimed at promoting the development of special economic zones (hereinafter – SEZ), and 30 % – at the development of a specific territory in the country. For comparison, in Russia preference is given to industrial parks. For example, in the Republic of Tatarstan, 2 out of 105 investment sites are SEZs.

Keywords: investments, investment sites, competition, special economic zones (SEZ), taxes.

Особая экономическая зона промышленно-производственного типа «Алабуга» (далее – ОЭЗ ППТ «Алабуга») была создана решением Правительства Российской Федерации от 21 декабря 2005 г. № 774 на территории Елабужского муниципального района РТ.

ОЭЗ «Алабуга» является самой успешной особой экономической зоной на территории Российской Федерации площадью 3 903,5 га. По итогам V Национального рейтинга инвестиционной привлекательности ОЭЗ России, проводившегося в 2021 году ОЭЗ «Алабуга» очередной раз заняла 1 место, подтвердив свое лидерство в создании благоприятных условий для предпринимательской деятельности и инвестиционной активности резидентов.

В ОЭЗ ППТ «Алабуга» в качестве резидента зарегистрировано 57 компаний, являющихся лидерами в своих отраслях, в том числе, такие иностранные компании как Rockwool, Knauf, Kastamonu, Hayat, Air Liquide, Şişecam. По результатам отчетности на 01.07.2022 можно отметить следующие показатели деятельности резидентов:

– объем освоенных инвестиций нарастающим итогом – 158,5 млрд руб., в том числе за 6 месяцев 2022 г. – 4,1 млрд руб.;

– объем выручки нарастающим итогом – 779,7 млрд руб., в том числе за 6 месяцев 2022 – 74,4 млрд руб.;

– количество рабочих мест, созданных резидентами нарастающим итогом – 8 837 ед., в том числе созданных за 6 месяцев 2022 г. – 650 ед.;

– объем налогов, уплаченных в бюджеты всех уровней бюджетной системы Российской Федерации нарастающим итогом– 57,2 млрд руб., в том числе за 6 месяцев 2022 г. – 5,7 млрд руб.

Особая экономическая зона технико-внедренческого типа «Иннополис» (далее – ОЭЗ «Иннополис») является важной частью инновационной экосистемы не только Республики Татарстан, но и Российской Федерации в целом, неотъемлемым элементом инвестиционной привлекательности города высоких технологий Иннополис, создавая для резидентов благоприятные условия для успешного ведения бизнеса и эффективного развития их проектов. ОЭЗ «Иннополис» – это центральная часть деловой инфраструктуры города Иннополис. Здесь созданы наиболее благоприятные условия для успешного ведения бизнеса резидентов и эффективного развития их проектов. В качестве преференций резиденты получают льготные налоговые ставки на прибыль, имущество, землю, транспорт и пониженные коэффициенты страховых взносов. Это позволяет компаниям достигать повышенных финансовых результатов с учетом более низкой налоговой нагрузки, что в свою очередь позволяет им разрабатывать более конкурентные продукты для российского и зарубежного рынков.Резиденты и партнеры ОЭЗ «Иннополис» имеют доступ к необходимой поддержке в развитии проектов не только в рамках режима особой

экономической зоны, но в целом всей экосистемы Иннополиса как уникального ИТ-города и масштабного проекта по созданию российского центра информационно-коммуникационных технологий, главной задачей которого является содействие российским и международным компаниям в реализации инвестиционных проектов в сфере высоких технологий.

Так, резиденты ОЭЗ «Иннополис» получают прямые налоговые льготы режима особой экономической зоны: льготы по налогу на прибыль, транспорт, имущество, землю и страховые взносы, на доходы – при применении упрощенной системы налогообложения.

По состоянию на I полугодие компаниями ОЭЗ «Иннополис» (резиденты, партнеры, стартапы) всего с начала деятельности проинвестировано 66,9 млрд руб., объем выручки составил – 121,9 млрд руб.

Авторы считают, что на текущий момент наметился тренд: российские инвестиционные площадки могут ощутить еще большее усиление конкуренции за транснациональные корпорации и иностранных инвесторов в целом с вводом глобального минимального цифрового налога. Глобальный минимальный цифровой налог – запланированное на 2023 г. 130 странами-участниками ОЭСР введение глобального минимального налога на прибыль цифровых транснациональных корпораций в размере 15 %. Предполагается, что эта мера позволит повысить ежегодную собираемость налогов на 100-240 млрд долл. В то же время, ставки налогов на российских площадках могут быть выгоднее, чем новый глобальный налог. В связи с чем становятся актуальными вопросы:

– как изменится налоговый режим для инвесторов ввиду возможной корректировки законодательной базы;

– мониторинг предлагаемых в настоящее время налоговых льгот и организаций, их использующих;

– мониторинг юридических обязательств по предоставлению стимулов на определенный период времени и юридическая консультация;

– разработка наиболее эффективной налоговой базы для поощрения инвестиций в изменившейся глобальной среде;

– анализ необходимого развития инфраструктуры.

Еще один глобальный тренд - цифровизация. В ежегодном рейтинге лучших особых экономических зон мира за 2021 г. консалтингового агентства fDi Intelligence (группа Financial Times) среди преимуществ 7-кратного победителя – ОЭЗ «DMCC» (Дубайская многопрофильная товарно-сырьевая биржа) приводятся данные о 95% резидентов, которые

с 2020 года проходят регистрацию в онлайн-режиме. Использование цифровых сервисов инвесторами является «зоной роста» в России, даже при текущем уровне цифровизации «клиентские пути» полностью не оцифрованы в инвестиционной сфере, в том числе, и по отношению к потенциальным и действующим резидентам инвестиционных площадок в Республике Татарстан.

УДК 338.2

О МОНИТОРИНГЕ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА В СФЕРЕ ОРГАНИЗАЦИИ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

Селезнев Даниил Кириллович[1], Пелевин Олег Владимирович[2]
[1]ФГБОУ ВО «КНИТУ-КХТИ»,
[2]Министерство экономики Республики Татарстан,
г. Казань
[1]bigbossutrinos229@gmail.com, [2]Oleg.Pelevin@tatar.ru

Пассажирские перевозки являются одной из самых важных и востребованных населением услуг. В Республике Татарстан пассажирский транспорт представлен наземным, водным, железнодорожным, воздушным и внеуличным транспортом. Отрасль пассажирских перевозок, наряду с другими отраслями экономики, подвержена влиянию внутренних и внешних факторов. Множественные ограничения, вызванные, в том числе, пандемией коронавируса, а также нестабильность геополитической обстановки и действующий санкционный режим сказались на транспортной системе. В сложном финансовом положении, прежде всего, оказались предприятия автомобильных пассажирских перевозок, что обусловлено снижением пассажиропотока, ростом стоимости топлива, подвижного состава, комплектующих и др. На первый план вышли вопросы сохранения бесперебойных перевозок и сдерживания тарифов на приемлемом для населения уровне, что потребовало принятия комплекса мер государственной поддержки как на федеральном, так и на региональном уровнях.

Ключевые слова: транспорт, наземный транспорт, водный транспорт, железнодорожный транспорт, воздушный транспорт, внеуличный транспорт, Республика Татарстан.

ON THE MONITORING OF LEGISLATION IN THE FIELD OF ORGANIZATION OF PASSENGER TRANSPORTATION IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Seleznev Daniel Kirillovich[1], Pelevin Oleg Vladimirovich[2]
[1]KNRTU, [2]Ministry of economy of the Republic of Tatarstan,
Kazan
[1]bigbossutrinos229@gmail.com, [2]Oleg.Pelevin@tatar.ru

Passenger transportation is one of the most important and popular services among the population. In the Republic of Tatarstan, passenger transport is represented by land, water, rail, air and off-road transport. The passenger transportation industry, along with other sectors of the economy, is influenced by internal and external factors. Multiple restrictions caused, among other things, by the coronavirus pandemic, as well as the instability of the geopolitical situation and the current sanctions regime affected the transport system. First of all, the enterprises of automobile passenger transportation found themselves in a difficult financial situation, due to a decrease in passenger traffic, an increase in the cost of fuel, rolling stock, components, etc. Issues of maintaining uninterrupted transportation and restraining tariffs at a level acceptable to the population came to the fore, which required the adoption of a set of state support measures at both the federal and regional levels.

Keywords: transport, land transport, water transport, rail transport, air transport, off-street transport, Republic of Tatarstan.

Наиболее массовым видом общественного транспорта в Республике Татарстан является автомобильный и городской электрический транспорт, доля перевозок на котором составляет около 97 % от всех видов перевозок. Пассажирские перевозки автомобильным транспортом осуществляют 45 перевозчиков различных форм собственности, включая 15 крупных автотранспортных предприятий. Маршрутная сеть состоит из 165 межмуниципальных маршрутов регулярных перевозок. За 2021 год данным видом транспорта перевезено 237,2 млн пассажиров, в том числе по внутригородским маршрутам – 216,5 млн пассажиров, пригородным – 16,8 млн пассажиров, междугородным – 3,9 млн пассажиров.

Среднесписочное количество подвижного состава предприятий городского электрического транспорта на конец I полугодия 2022 г. составило 472 единицы, в том числе 249 трамваев, 208 троллейбусов, 15 поездов метрополитена.

Городским наземным электрическим транспортом осуществляется перевозка пассажиров по 38 маршрутам. Городским электрическим транспортом за 2021 г. перевезено 88,4 млн пассажиров. Пассажирооборот на предприятиях городского электрического транспорта за 2021 г. составил 419,2 млн пассажиро-километров.

Так, на обеспечение равной доступности услуг общественного транспорта для отдельных категорий граждан из бюджета Республики Татарстан в 2021 г. выделены субвенции в размере 843,8 млн руб., в 2022 г. на указанные цели предусмотрено 1 642,6 млн руб.

В 2022 г. из республиканского бюджета выделены средства на возмещение:

– недополученных доходов перевозчиков в связи с введением ограничительных мер в целях предотвращения распространения новой коронавирусной инфекции в размере 68,8 млн руб.;

– затрат перевозчиков на оплату труда работников, осуществляющих проверку наличия у пассажиров персональных (QR-кодов, в размере 16,7 млн руб.

В рамках развития муниципальной маршрутной сети в пригородном сообщении пролонгирована программа субсидирования сельских маршрутов, по которой объем расходов в бюджетах 39 муниципальных образований в текущем году составил 300,7 млн руб. (138,6 млн руб. в 2021 г.).

Принятые государством меры по обеспечению экономической стабильности позволили фактически сохранить такой социально значимый вид перевозок, как автомобильные пассажирские перевозки, обеспечив при этом их доступность для населения и сохранив льготы для отдельных категорий граждан. Однако сложившаяся сегодня в отрасли ситуация в целом требует выработки на государственном уровне концептуальных решений по созданию эффективной финансовой модели функционирования отрасли на средне- и долгосрочную перспективу.

Данный тезис сформулирован с учетом многочисленных обращений перевозчиков в адрес парламентариев, на основе которых и в целях анализа правоприменительной практики Комитетом Государственного Совета Республики Татарстан по жилищной политике и инфраструктурному развитию (далее также – Комитет) в феврале 2021 г. было принято решение о проведении мониторинга законодательства в сфере организации пассажирских перевозок.

В процессе мониторинга принимали участие органы исполнительной власти и органы местного самоуправления, надзорные органы в пределах установленной сферы деятельности и компетенции. К мониторингу привлекались различные институты гражданского общества, обладающие определенной правоприменительной практикой, крупнейшие перевозчики Республики Татарстан, а также Экспертный совет, созданный при Комитете.

Результаты мониторинга позволили авторам выделить основные направления правового, организационного и технического характера для исследования проблем и перспектив развития автомобильного пассажирского транспорта и городского наземного электрического транспорта, к которым можно отнести:

– отсутствие на республиканском уровне единой концепции развития инфраструктуры и парка автомобильного пассажирского транспорта, городского наземного электрического транспорта;

– отсутствие у транспортных предприятий собственных инвестиционных возможностей для обновления инфраструктуры и подвижного состава в силу несовершенства действующих институтов экономического регулирования, в частности, тарифной политики;

– несовершенство механизмов управления мобильностью и повышения роли пассажирского транспорта общего пользования в городах и городских агломерациях (развитие перехватывающих парковок с целью снижения транспортной нагрузки улично-дорожной сети, совершенствование маршрутной сети пассажирского транспорта общего пользования и др.);

– недостаточная укомплектованность транспортных предприятий водительским составом и недостаточная эффективность системы их профессиональной подготовки;

– отсутствие взаимосвязи градостроительного и транспортного планирования, в том числе с использованием агломерационных подходов, порождающее избыточный транспортный спрос и перегруженность городских улично-дорожных сетей;

– недостаточная развитость инфраструктуры и подвижного состава автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта для маломобильных групп населения (пассажиров с детскими колясками, инвалидов и т. д.).

Ряд проблем, выявленных в ходе мониторинга, нашли решение в законах Республики Татарстан от 16 июля 2021 № 52-ЗРТ «О внесении изменений в Закон Республики Татарстан «О наделении органов местного самоуправления муниципальных образований в Республике Татарстан отдельными государственными полномочиями в сфере обеспечения равной доступности услуг общественного транспорта на территории Республики Татарстан для отдельных категорий граждан» (в части определения механизма возмещения транспортным предприятиям, осуществляющим регулярные перевозки по нерегулируемым тарифам, недополученных доходов, связанных с перевозкой льготных категорий граждан) и от 25 июля 2022 г. № 48-ЗРТ «О внесении изменений в Закон Республики Татарстан «О реализации Федерального закона «Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в Российской Федерации и о внесении

изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (в части актуализации полномочий органов исполнительной власти Республики Татарстан и органов местного самоуправления в сфере организации регулярных перевозок и порядка осуществления таких перевозок) [1–3].

В целом анализ результатов мониторинга свидетельствует о необходимости продолжения совместно с органами исполнительной власти Республики Татарстан, органами местного самоуправления работы по изучению ситуации в сфере пассажирских перевозок и выработки консолидированных законодательных и управленческих решений, направленных на обеспечение доступности и потребности населения в транспортных услугах.

Источники

1. Об организации пассажирских перевозок, осуществляемых автомобильным и городским наземным электрическим транспортом общего пользования [Электронный ресурс]: Закон Республики Татарстан от 13 ноября 2006 г. №70-ЗРТ. URL: https://docs.cntd.ru/document/428570021 (дата обращения: 17.10.2022).

2. О внесении изменений в Закон Республики Татарстан «О наделении органов местного самоуправления муниципальных образований в Республике Татарстан отдельными государственными полномочиями в сфере обеспечения равной доступности услуг общественного транспорта на территории Республики Татарстан для отдельных категорий граждан» [Электронный ресурс]: Закон Республики Татарстан от 16 июля 2021 г. № 52-ЗРТ. URL: https://docs.cntd.ru/document/492570027 (дата обращения: 18.10.2022).

3. О внесении изменений в Закон Республики Татарстан «О реализации Федерального закона «Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [Электронный ресурс]: Закон Республики Татарстан от 25 июля 2022 г. № 48-ЗРТ. URL: https://docs.cntd.ru/document/482570035 (дата обращения: 17.10.2022).

УДК 338.2

АГЛОМЕРАЦИИ КАК ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ТРЕНД РАЗВИТИЯ МУНИЦИПАЛИТЕТОВ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН (НА ПРИМЕРЕ КАЗАНСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ)

Селезнев Даниил Кириллович[1], Пелевин Олег Владимирович[2]
[1]ФГБОУ ВО «КНИТУ-КХТИ»,
[2]Министерство экономики Республики Татарстан,
г. Казань
[1]bigbossutrinos229@gmail.com, [2]Oleg.Pelevin@tatar.ru

Развитие муниципалитетов в рамках развития агломераций становится одним из перспективных трендов в пространственном развитии Российской Федерации. Согласно Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года в перечень перспективных центров экономического роста включены 20 перспективных городов, образующие крупные городские агломерации и крупнейшие городские агломерации, которые обеспечат вклад в экономический рост более 1% ежегодно (в т.ч. г. Казань); перспективные центры экономического роста субъектов Федерации, которые обеспечат вклад в экономический рост от 0,2 до 1 % ежегодно (44 центра); перспективные центры экономического роста субъектов Федерации, которые обеспечат вклад в экономический рост до 0,2 % ежегодно (31 центр); перспективные минерально-сырьевые и агропромышленные центры (12 и 15 центров, соответственно, в том числе муниципальные образования Республики Татарстан, специализирующиеся на добыче нефти и природного газа и муниципальные образования Республики Татарстан, специализирующиеся на сельском хозяйстве); перспективные центры экономического роста, в которых сложились условия для формирования научно-образовательных центров мирового уровня (20 центров, в том числе, г. Казань).

Ключевые слова: муниципалитеты, развития, агломерация, пространственное развитие, промышленные центры, специализация муниципалитетов.

AGGLOMERATIONS AS A PROMISING TREND IN THE DEVELOPMENT OF MUNICIPALITIES OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN (ON THE EXAMPLE OF THE KAZAN AGGLOMERATION)

Seleznev Daniel Kirillovich[1], Pelevin Oleg Vladimirovich[2]
[1]KNRTU, [2]Ministry of economy of the Republic of Tatarstan,
Kazan
[1]bigbossutrinos229@gmail.com, [2]Oleg.Pelevin@tatar.ru

The development of municipalities within the framework of the development of agglomerations is becoming one of the promising trends in the development of the Russian Federation. According to the Spatial Development Strategy of the Russian Federation for the

period up to 2025, the list of promising centers of economic growth includes 20 promising cities forming large urban agglomerations and the largest urban agglomerations, which will contribute to economic growth of more than 1% annually (including Kazan); promising centers of economic growth of the subjects of the Federation, which will contribute to economic growth from 0,2 to 1 % annually (44 centers); promising centers of economic growth of the subjects of the Federation, which will contribute to economic growth up to 0,2 % annually (31 centers); promising mineral resource and agro-industrial centers (12 centers and 15 centers, respectively, including municipalities of the Republic of Tatarstan specializing in oil and natural gas production and municipalities of the Republic of Tatarstan specializing in agriculture); promising centers of economic growth, in which conditions have developed for the formation of world-class scientific and educational centers (20 centers, including, Kazan).

Keywords: municipalities, development, agglomeration, spatial development, industrial centers, specialization of municipalities.

Необходимым условием достижения национальных целей развития РФ, определенных Указом Президента РФ от 21 июля 2020 г. № 474 «О национальных целях развития РФ на период до 2030 года», является обеспечение эффективного взаимодействия и согласованного функционирования органов публичной власти всех уровней. Необходимость обеспечения системной координации социально-экономического развития муниципальных образований обусловлена, в том числе, частью 3 статьи 132 Конституции РФ, согласно которой органы местного самоуправления и органы государственной власти входят в единую систему публичной власти в РФ и осуществляют взаимодействие для наиболее эффективного решения задач в интересах населения, проживающего на соответствующей территории.

Одной из зарекомендовавших себя форм взаимодействия на муниципальном уровне в целях обеспечения скоординированного социально-экономического развития территорий является создание городских агломераций. Использование организационных инструментов в рамках городских агломераций позволяет повысить эффективность решения общих задач социально-экономического развития муниципальных образований за счет объединения ресурсов и их рационального использования в целях совместного решения вопросов местного значения, имеющих межмуниципальный характер, в том числе в сфере градостроительной деятельности, развития коммунальной, социальной и иной инфраструктур, а также реализации публичных функций, в частности, обеспечения доступности медицинской помощи для населения.

Во исполнение пункта 73 Плана реализации Стратегии пространственного развития РФ на период до 2025 г., утвержденного распоряжением Правительства РФ от 27 декабря 2020 г. № 3227-р Правительством РФ постановлением Правительства РФ от 31 мая 2022 г. № 996 утверждены Правила согласования, утверждения и мониторинга реализации долгосрочных планов социально-экономического развития крупных и крупнейших городских агломераций (ПП № 996).

Постановлением определен порядок подготовки, а также реализации и мониторинга долгосрочных планов социально-экономического развития крупных и крупнейших городских агломераций, разрабатываемых в целях реализации национальных целей и задач, а также приоритетов, определенных в Стратегии пространственного развития РФ на период до 2025 г., утвержденной распоряжением Правительства РФ от 13 февраля 2019 г. № 207-р.

В постановлении также определены структура и состав долгосрочных планов социально-экономического развития крупных и крупнейших городских агломераций, что позволит привести такие документы к единообразию и облегчит мониторинг их реализации. В постановлении также приведены примерная форма для подготовки перечня мероприятий (укрупненных инвестиционных проектов) долгосрочного плана развития городской агломерации и форма отчета о ходе реализации мероприятий долгосрочного плана социально-экономического развития крупных и крупнейших городских агломераций.

Ответственным за осуществление методического обеспечения разработки долгосрочных планов социально-экономического развития крупных и крупнейших городских агломераций определено Министерство экономического развития РФ.

Согласно Стратегии пространственного развития РФ на период до 2025 г. социально-экономическое развитие крупных и крупнейших городских агломераций позволит обеспечить расширение географии и ускорение экономического роста, научно- технологического и инновационного развития РФ, и, тем самым, будет способствовать достижению цели пространственного развития РФ: обеспечению устойчивого и сбалансированного пространственного развития РФ, направленного на сокращение межрегиональных различий в уровне и качестве жизни населения, ускорение темпов экономического роста и технологического развития, а также на обеспечение национальной безопасности страны.

Успешное функционирование городских агломераций напрямую зависит от наличия эффективных организационно-правовых механизмов координации социально-экономического развития муниципальных образований, входящих в состав агломерации. При этом существенное значение имеет координирующая роль органов государственной власти субъектов РФ. Важно отметить, что положительный эффект от развития городских агломераций может быть обеспечен только при наличии необходимых предпосылок для их развития, прежде всего, наличия интенсивных взаимодействий между населенными пунктами, развитой сети автомобильных дорог и регулярного транспортного сообщения.

В настоящее время координация социально-экономического развития муниципальных образований в рамках действующих городских агломераций осуществляется посредством разных организационных механизмов, в том числе, межмуниципальных координационных органов (советов), формируемых на основе межмуниципальных соглашений (договоров), а также координационных органов, образуемых при органах государственной власти соответствующего субъекта РФ. Важным инструментом обеспечения эффективного социально-экономического развития муниципальных образований в рамках городской агломерации может стать долгосрочный план развития агломерации, совместно разработанный органами местного самоуправления муниципальных образований, входящих в состав агломерации, а также единые документы территориального планирования городской агломерации и механизмы координации в сфере межбюджетных отношений.

Так, в настоящий момент в рамках реализации ПП № 996 начата подготовительная работа по разработке долгосрочного плана развития Казанской агломерации (ДПР). Авторы считают, что при разработке ДПР необходимо учесть Сегодня время и обстоятельства диктуют необходимость разработки долгосрочных планов развития агломераций с позиции реализации конкретных проектов, которые позволят сделать это развитие управляемым и прогнозируемым, убрать сдерживающие факторы, такие как непроизводительные потери времени на перемещение между местами приложения труда и проживания и наполнить развитие агломераций новым смыслом. Так, при развитии Казанской агломерации основной упор следует сделать на научно-технологическое развитие: наша наука, вузы, наша Силиконовая долина – Иннополис – нам в помощь, а также на снятии инфраструктурных ограничений и на развитии сельских районов, входящих

в Казанскую агломерацию. Приоритетными для развития Казанской агломерации должны стать маржинальные, ориентированные на высокий уровень экспорта проекты: экспорт знаний, технологий. Важна правильная ориентация на ближнее зарубежье (в том числе, подготовка студентов и аспирантов).

В дальнейшем следует внедрить рейтинг агломераций (по аналогии с рейтингом муниципальных образований), что позволит оценивать агломерации с позиции совокупной производительности экономики, а также уровня и качества жизни.

Источники

1. Об утверждении плана реализации Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года [Электронный ресурс]: распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2019 г. № 3227-р. URL: https://www.economy.gov.ru/material/dokumenty/plan_realizacii_strategii_prostranstvennogo_razvitiya_rf_na_period_do_2025_goda.html (дата обращения: 19.11.2022).

2. Об утверждении Правил согласования, утверждения и мониторинга реализации долгосрочных планов социально-экономического развития крупных и крупнейших городских агломераций [Электронный ресурс]: постановление Правительства Российской Федерации от 31 мая 2022 г. № 996. URL: http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202206010044 (дата обращения: 17.11.2022).

3. Об утверждении Стратегии пространственного развития РФ на период до 2025 г. [Электронный ресурс]: распоряжение Правительства РФ от 13 февраля 2019 г. № 207-р URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72074066/ (дата обращения: 17.11.2022).

4. Селезнев Д.К., Арзамасова А.Г., Юсупова И.В. Проблемы и перспективы социально-экономического развития агломераций Республики Татарстан с позиции развития транспортной инфраструктуры // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике: матер. XVII Всерос. открытой молодежной науч.-практ. конф. / редкол.: А.Г. Арзамасова (отв. редактор) [и др.]. Казань: ООО «Издательство Фолиант», 2022. С. 122–126.

УДК 378.095

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ

Слесаренко Зарина Ринатовна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
rzarina78@mail.ru

Статья посвящена вопросам развития техники в инженерном образовании. В ней говорится о необходимости изучения истории развития техники в высших учебных заведениях технического профиля, определяются, что студент технического университета должен иметь определенный запас знаний не только в естественных, но и в гуманитарных сферах.

Ключевые слова: техника, технические устройства, инженер, инженерное образование.

HISTORY OF TECHNOLOGY DEVELOPMENT IN ENGINEERING EDUCATION

Slesarenko Zarina Rinatovna
Kazan State Power Engineering University, Kazan
rzarina78@mail.ru

The article is devoted to the development of technology in engineering education. It talks about the need to study the history of technology development in higher educational institutions of a technical profile, determines that a student of a technical university should have a certain stock of knowledge not only in natural sciences, but also in the humanities.

Keywords: machinery, technical devices, engineer, engineering education.

Сегодня трудно представить человека без какого-либо технического устройства: начиная с элементарных скрепок для бумаг заканчивая компьютерами и мобильными телефонами. Техника и технические устройства все больше вторгаются в жизнь и быт всего населения. Человек не задумывается, что именно производственные потребности людей во все времена являлись двигателем научного прогресса. Тем более он мало интересуется историей развития техники и современными техническими достижениями, что, в свою очередь, ограничивает мировоззрение специалиста. Выпускник технического университета должен обладать не только специфическими профессиональными знаниями в своей области, но и иметь исторические, социальные и культурные представления в инженерной

деятельности. Как сказал русский историк В.О. Ключевский: «Определяя задачи и направления своей деятельности, каждый из нас должен быть хоть немного историком, чтобы стать сознательно и добросовестно действующим гражданином» [4].

Термин «техника» происходит от греческого слова «*techne*» (искусство, ремесло, мастерство), который означает совокупность средств человеческой деятельности, созданных для осуществления процессов производства и обслуживания непроизводственных потребностей общества [2, 3]. В нем материализованы знания и производственный опыт, накопленный человечеством в процессе развития общественного производства.

Генезис технической деятельности можно обнаружить на самых ранних этапах становления человеческого общества. Поэтому историю возникновения техники следует начинать с появления первых орудий труда. Бенжамин Франклин в XVIII в. скажет, что значимое отличие человека от животного – это способность изготавливать орудия труда [1] и предметов быта.

Становление научных знаний связанны с стремлением людей познать окружающий мир. Наблюдение первобытного человека за природой позволило ему сделать множество открытий. Наиболее важными из этого периода были: освоение огня, возникновение мышления и речи, технико-технологическое совершенствование хозяйственной деятельности (охота, рыболовство, собирательство, бортничество, земледелие и скотоводство). Техника и технические знания в древнем мире имели тесную связь с мифологическим мировосприятием и магическими действиями.

В период античности «технэ» понималось как искусство, техника и технические знания. Наивысший подъем этой эпохи наблюдается с VI в. до н. э. по V в. н. э. затем следует разложение и упадок культуры и производства. Однако рост ремесла, экономические и культурные взаимоотношения между народами способствуют развитию науки искусства. Господство рабовладельческого труда в античности не создавала благоприятных условий для создания технических новшеств. Исключение составляло все, что было связано с военным или морским делом. Техника не играла важную роль. Хотя в исторических источниках отмечается, что рабский труд применялся с постепенным совершенствованием технических средств, так, например, совершенствование орудий для ведения хозяйства (плуг, топор, которые были найдены в районе погибшей Помпеи). О высоком уровне развития строительства, архитектуры свидетельствуют крупнейшие сооружения Древней Греции и Рима, такие как винт Архимеда, подъемные механизмы Витрувия, каменные водопроводы (акведуки),

афинский Парфенон, мосты, Колизей, остатки которых сохранились до наших дней. В области военного дела можно назвать такие достижения, как холодное оружие (мечи, секиры, копья), стрелковое вооружение (лук) и осадная техника (крюк-разрушитель, катапульта), корабли (триера, трирема).

Ослабление Римской империи и завоевание ее варварами разрушили производительные силы: земледелие пришло в упадок, из-за отсутствия сбыта ремесло захирело, торговля пошла на спад, численность сельского и городского населения резко снизилась. Но уже с IX в. темпы промышленного развития в Западной Европе начинают возрастать. С XIII в. постепенно увеличиваются технические достижения (этому способствуют Крестовые походы). Формируются технические кадры не только мастеров, но и более квалифицированных специалистов, например, инженеров строительных, военных, корабельных, ремесленных, горных дел. Слово «инженер» в переводе с латинского языка означало «врожденные способности», в отличие от нынешнего «остроумие, изобретательность».

Наиболее значимыми техническими достижениями в Средние века стали водяная и ветряная мельницы, порох, морской компас, очки, механические часы, бумага (почти все эти изобретения пришли в Европу с Востока), холодное оружие (арбалет), осадное орудие, метательные устройства (катапульты, онагры, баллисты и т. д.), крюки-разрушители и многое другое. Нововведением византийцев в VII в. становится хивой (греческий) огонь (изобретенный мастером Каллиником в 671 г.).

С начала XV – конца XVII веков в истории человечества наблюдается мощный взрыв в развитии науки и техники. Становятся известными такие имена, как Леонардо да Винчи, Н. Коперник, И. Кеплер, Г. Галилей и многие другие. Возникают крупные предприятия – кораблестроение, оружейные мастерские, типографии и т.п. В XVIII веке закладывается фундамент современного естественнонаучного знания (И. Ньютон, Д. Эйлер, Ж. Лагранж, Фаренгейт, А. Цельсий и др.). Научное представление о мире становится более точным, так как в математической форме показана связь между явлениями природы. Во второй половине XVIII – XIX вв. началось формирование техники промышленной революции с использованием достижений науки. Если первую половину XIX века называют «эпохой пара, железа и угля», то во вторую половину этого столетия характеризуют как «эпоху электричества, стали и нефти». Распространение машинного производства и начало эры механизации во всех отраслях деятельности человека потребовало коренной перестройки всей системы промышленности.

В XX веке человечеств перешло к постиндустриальной цивилизации. Во второй половине этого столетия стали развиваться технологии высокого уровня (электроника, телекоммуникация, вычислительная техника, биотехнологии, лазерная техника, нанотехнологии). Последняя треть XX в. становится настоящим бумом в развитии «информационной индустрии» (Интернет, электронная почта, персональные компьютеры, плазменные телевизоры, спутниковые телефоны и т. п.).

Таким образом, в статье представлен короткий исторический обзор эволюции техники от ручных орудий к ремесленно-мануфактурному производству, машинной, автоматизированной и компьютерной техникам. В процессе становления науки имеется много поучительных и интересных сведений. Студент технического университета должен иметь определенный запас знаний не только в естественных, но и в гуманитарных сферах. Полученные навыки будут способствовать формированию у молодых специалистов целостной картины о мире.

Источники

1. Американские просветители: Избранные произведения в двух томах / Б. Франклин [и др.]. М., 1968. Т. 1. 114 с. [Электронный ресурс]. https://www.litmir.me/br/?b=241418&p=105 (дата обращения: 27.10.22).

2. История техники / А.А. Зворыкин [и др.]. М.: Соцэкгиз, 1962. 772 с.

3. Розин В.М. Понятие и современные концепции техники. [Электронный ресурс] // Гуманитарный портал. URL: https://gtmarket.ru/library/basis/5612 (дата обращения: 23.10.2022).

4. Ключевский В.О. Русская история: полный курс лекций. В 3 т. М.: АСТ. Мн.: Харвест, 2002. Т. 1. 592 с.

УДК 519.685

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ КАК АЛЬТЕРНАТИВА AUTODESK INVENTOR

Тазтдинова Олеся Юрьевна[1], Шарипов Ильнар Ильдарович [2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]f_taztdinova@mail.ru, [2]sharipov.ii@kgeu.ru

В данной статье рассмотрены три отечественных программных продукта, используемые в качестве альтернативы системы автоматизированного проектирования Autodesk Inventor, а также обозначены основные особенности каждой из предлагаемых систем.

Ключевые слова: система автоматизированного проектирования, моделирование, программный продукт, альтернатива.

DOMESTIC SYSTEMS OF AUTOMATED DESIGN AS AN ALTERNATIVE TO AUTODESK INVENTOR

Taztdinova Olesya Yurievna[1], Sharipov Ilnar Ildarovich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]f_taztdinova@mail.ru, [2]sharipov.ii@kgeu.ru

This article discusses three domestic software products used as an alternative to the Autodesk Inventor computer-aided design system, and also identifies the main features of each of the proposed systems.

Keywords: computer-aided design system, modeling, software product, alternative.

Текущая глобальная политическая ситуация неблагоприятна для российской экономики, поскольку многие иностранные компании прекращают сотрудничество. Эта проблема коснулась и сферы проектирования, так как с российского рынка ушла одна из ведущих компаний-поставщиков программного обеспечения для машиностроения. Компания Autodesk 3 марта 2022 г. приостановила свою деятельность в России. Это событие затронуло большое количество отраслей и экономики, в том числе электроэнергетику. Именно в этой области эффективно используется один из продуктов Autodesk, а именно Autodesk Inventor.

Autodesk Inventor – это система автоматизированного проектирования и черчения (САПР), поддерживающая 2D и 3D моделирование. Данный программный продукт позволяет профессионально использовать

систему трехмерного моделирования, значительно упрощает разработку рабочих чертежей деталей на основе их трехмерных моделей. С уходом данного продукта с российского рынка проблема альтернативы Autodesk Inventor стала как никогда актуальной [3].

На данный момент существует три отечественные системы автоматизированного проектирования, способное полностью или частично заменить Autodesk Inventor: КОМПАС, T-FLEX CAD, nanoCAD.

В 1989 г. советская компания «АСКОН» разработала первую версию САПР под названием КОМПАС, которая обновляется и поддерживается по сей день. Наиболее важными функциями являются автоматическое формирование связанных видов 3D-моделей, т. е. при изменении модели меняется и изображение на чертеже, возможность сопоставления 3D-моделей и чертежей со спецификациями, синхронизация данных в основной надписи чертежа с данными из 3D-модели, изменения в чертеже или модели могут быть перенесены в спецификацию и наоборот [1]. Помимо перечисленных возможностей и классического функционала систем автоматизированного проектирования, КОМПАС также может выполнять зеркальные версии узлов и деталей, зеркальные отражения и тексты. Однако эти возможности включены только в последнюю версию КОМПАС 3D V16.

T-FLEX CAD – российская система автоматизированного проектирования от компании «Топ Системы», поддерживающая коллективную разработку. Особенностями функциональной составляющей данной САПР заключается в использовании обширного пласта инструментов для автоматизации проектирования, единой документной структурой и наличие специальных инструментов для работы с большими сборками [2].

Первая свободно распространяемая САПР-платформа nanoCad является результатом труда большой команды разработчиков компании «Нанософт» и занимает особое место среди российских САПР благодаря возможности прямой поддержки формата DWG. Эта особенность позволяет свободно импортировать ранее разработанные проекты в AutoCAD, что является важным аргументом для использования именно nanoCAD в качестве альтернативы ушедшему Autodesk Inventor. Однако помимо этого, nanoCAD может предложить возможность работы с растровыми подложками, обладает уникальной возможностью привязки к данным на монохромном растровом изображении [5].

Таким образом, на данный момент можно выделить три альтернативных программных продукта, предоставляющих необходимые инструменты для проектирования, а также обладающих рядом особенностей.

КОМПАС будет отличным решением для создания подробных 3D-моделей, связанных с чертежами с использованием спецификаций, а также при необходимости зеркального отражения. T-FLEX CAD – отличный выбор для больших групповых проектов, а также для более быстрой разработки модели. САПР nanoCAD – лучшее решение для предприятий, которые в максимально короткие сроки хотят найти альтернативу ушедшему с рынка Autodesk Inventor и продолжить разработку [4]. Каждая из разработок способна в полной мере заменить Autodesk Inventor, однако для каждого предприятия выбор среди этих трех альтернатив является индивидуальным.

Источники

1. Смирнов С.В. САПР отечественного производства, как возможность самостоятельного функционирования в условиях импортозамещения программного обеспечения (краткий обзор) // Школа науки. 2020. № 12 (37). С. 38–41.

2. Плотников А. T-FLEX CAD 17 – новая отечественная САПР уже на пороге // САПР и графика. 2020. № 2 (280). С. 40–45.

3. Беляева М.М., Печаткин А.В. Опыт применения отечественных САПР при сквозном проектировании электронных средств // Наука. Образование. Общество: матер. Всерос. науч.-практ. конф. Рыбинск, 2017. С. 3–7.

4. Беседина И.П., Белякова А.П., Жабаева В.А. Анализ и сравнение современных САПР ТП отечественных разработчиков // Теория и практика современной науки. 2019. № 6 (48). С. 123–127.

5. Ожигин Д. Отечественная САПР-платформа nanoCAD PLUS10: универсальный комплекс для тех, кто проектирует часть I // САПР и графика. 2018. № 9 (263). С. 54–58.

УДК 378- 74.48

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ В СФЕРЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Торкунова Юлия Владимировна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
torkynova@mail.ru

Проводится анализ запросов бизнеса как на технологии, так и на подготовку кадров, меры государственной поддержки в сфере подготовки IT-специалистов, программные документы, направленные на повышение качества и объемов подготовки специалистов для сферы искусственного интеллекта. Рассматриваются проблемы, с которыми сталкиваются вузы при подготовке специалистов в сфере искусственного интеллекта, а также возможные пути их решения.

Ключевые слова: технологии искусственного интеллекта, подготовка кадров.

CURRENT ISSUES OF PERSONNEL TRAINING IN THE FIELD OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Torkunova Julia Vladimirovna
Kazan State Power Engineering University, Kazan
torkynova@mail.ru

The analysis of business requests for both technology and training, measures of state support in the field of training IT specialists, program documents aimed at improving the quality and volume of training specialists for the field of artificial intelligence. The problems faced by universities in the training of specialists in the field of artificial intelligence, as well as possible ways to solve them, are considered.

Keywords: artificial intelligence technologies, personnel training.

Технологии искусственного интеллекта все больше внедряются в современную практику функционирования современных предприятий и организаций.

В 2019 г. была принята Дорожная карта развития сквозной технологии «Нейротехнологии и искусственный интеллект» [1], которая гарантирует широкую государственную поддержку семи субтехнологий: обработка естественного языка, распознавание и синтез речи; перспективные методы и технологии в ИИ; нейропротезирование; нейроинтерфейсы, нейростимуляция и нейросенсинг

Так же в Дорожной карте были определены ограничения по областям развития и основным ограничением был назван дефицит кадров как для исследования новых, так и для применения готовых решений.

Так же в 2019 году была утверждена, как и во многих других странах Национальная стратегия развития искусственного интеллекта до 2030 г. [2]. В рамках этой стратегии утвержден Федеральный проект «Искусственный интеллект» на период 2021-2024 года, а так же определено его бюджетное финансирование.

Как видим из вышеперечисленных документов, государство всерьез занимается проблемой развития данной технологии в нашей стране.

Как же относится бизнес внедрению и развитию данной технологии?

Большая часть предприятий и организаций хотела бы ее внедрения, однако, так же как и в государственных документах указывается на нехватку кадров. По результатам опросов бизнес ожидает от государства поддержки в данной сфере, в первую очередь, в форме финансирования разработки и внедрения соответствующих образовательных программ [3, 4].

Следует отметить, что государство, пусть и не совсем быстро, но отреагировало на запрос бизнеса и Постановлением Правительства РФ от 27 мая 2021 г. № 798 были утверждены Правила предоставления грантов в форме субсидий из федерального бюджета организациям на разработку программ бакалавриата и программ магистратуры по профилю Искусственный интеллект, а так же повышения квалификации педагогических работников образовательной организации в сфере искусственного интеллекта.

В августе 2021 года были определены победители этого конкурса. Грант на разработку модели компетенций в сфере искусственного интеллекта достался Российскому экономическому университету им. П.В Плеханова.

На разработку программ бакалавриата и магистратуры грант получили 12 ведущих вузов страны.

Каждый вуз шел на конкурс со своими региональными партнерами, в которых, в случае выигрыша, будет реализовываться разработанная программа.

Казанский государственный энергетический университет стал региональным партнером выигравшего грант вуза – Уральского федерального университета им. Б.Н. Ельцина и взял на себя обязательства по реализации программы магистратуры «Инженерия искусственного интеллекта». В сентябре 2022 года был осуществлен набор на вышеназванную программу с бюджетным финансированием 30 мест.

С какими же трудностями мы сталкиваемся при реализации подобных программ? Прежде всего – это нехватка остепененных специалистов в данной сфере (а это обязательное требование к преподаванию в магистратуре), а во вторых – слабая математическая подготовка обучающихся [5].

А собственно в самом процессе обучения как по искусственному интеллекту, так и по интеллектуальному анализу данных – это закрытость данных, так как применение интеллектуальных технологий требует остаточно больших массивов достоверных данных, доступ к которым весьма ограничен.

Выход из выше обозначенной ситуации видится в корректировке учебных планов как бакалавриата, так и магистратуры по родственным направлениям, обучении и переобучении остепененных преподавателей, выполнении научно-исследовательских работ для предприятий и организаций, согласных поделиться своими массивами данных.

Источники

1. Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Нейротехнологии и искусственный интеллект» [Электронный ресурс] // Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ: офиц. сайт. URL: https://digital.gov.ru/ru/documents/6658 (дата обращения 15.09.2022).
2. О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации [Электронный ресурс]: Указ Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490. URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/44731 (дата обращения 15.09.2022).
3. Артем Шиян, Кристина Шумара Изучаем аналитику: искусственный интеллект в российском бизнесе [Электронный ресурс]. URL: https://ict.moscow/news/ai-business (дата обращения 12.09.2022).
4. Информационно-аналитическая система мониторинга уровня квалификации персонала / Ю.В. Торкунова [и др.] // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2017. № 4 (36). С. 22–28.
5. Куценко С.М., Малацион С.Ф. Готовность студентов к цифровому обучению // Russian Journal of Education and Psychology. 2021. Т. 12, № 3-2. С. 61–65.

УДК 004.942

ДИНАМИЧЕСКИЕ ТРЁХМЕРНЫЕ МОДЕЛИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГЕТИКИ

Филимонов Сергей Сергеевич[1],Хамитова Динара Вилевна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]serfv43@gmail.com, [2]orhidey-din@mail.ru

В статье рассмотрена перспектива применения систем автоматизированного проектирования в области технического образования высших учебных заведений. На основе конструкторской документации воссоздана 3D-модель ограничителя перенапряжений серии ОПН-35 УХЛ1 на 35кВ для облегчения восприятия преподаваемого материала.

Ключевые слова: система автоматизированного проектирования (САПР), электроэнергетика, конструкторская документация, образование, 3D-моделирование.

DYNAMIC THREE-DIMENSIONAL MODELS IN EDUCATIONAL ACTIVITIES IN THE FIELD OF ENERGY

Filimonov Sergey Sergeevich[1],KhamitovaDinaraVilevna[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]serfv43@gmail.com, [2]orhidey-din@mail.ru,

The article considers the prospect of using computer-aided design systems in the field of technical education of higher educational institutions. Based on the design documentation, a 3D model of the surge limiter of the OPN-35 UHL1 series at 35 kV has been recreated to facilitate the perception of the taught material.

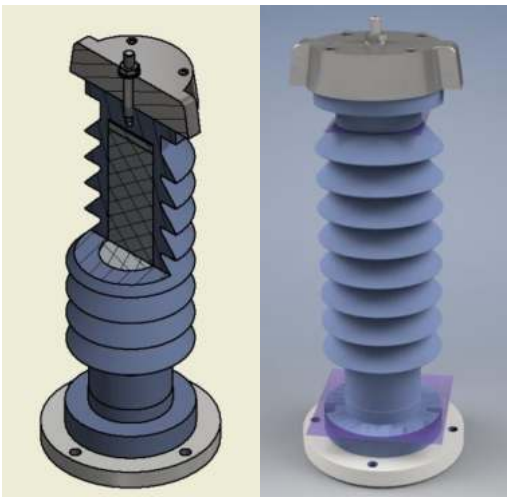
Keywords: computer-aided design system (CAD), electric power industry, design documentation, education, 3D modeling.

Информатизация и цифровизация сегодня рассматриваются как одни из основных путей модернизации системы образования. Это связано не только с развитием техники и технологий, но и, с переменами, которые вызваны развитием информационного общества, в котором основной ценностью становится информация и умение работать с ней. В сложных экономических условиях на основе информационных технологий активно идет модернизация высокотехнологичных инновационных предприятий [1]. Первостепенной задачей достижения поставленной цели является модернизация на основе информационных технологий содержания и структуры профессиональной подготовки в соответствие с современными потребностями высокотехнологичного рынка труда.

В настоящее время в Российской Федерации стремительно развивается сфера энергетики как технически, так и технологически. Для подготовки более качественного кадрового состава специалистов-энергетиков университеты должны использовать современные образовательные методы и технологии, так, например, образовательная политика Казанского государственного энергетического университета ориентирована на формирование эффективной и конкурентоспособной образовательной среды университета, создание современной научно-инновационной экосистемы университета [2, 3].

В данной работе предложено усовершенствовать учебные материалы, а именно, использовать электронные трёхмерные модели для наиболее полного представления высоковольтных электроэнергетических устройств. Натурное объяснение устройства электроэнергетического оборудования не всегда может быть доступно в силу его высокой стоимости, крупных габаритов и прочих причин, а конструкторская документация сложна для восприятия, использование электронных моделей позволяет преодолеть вышеперечисленные трудности объяснения учебного материала.

На примере создания электронной 3D-модели ограничителя перенапряжения (ОПН), который используется для защиты оборудования систем электроснабжения от коммутационных и грозовых перенапряжений, а также имеет непростое строение, удается более эффективно и наглядно объяснить студентам его устройство, принцип работы и предназначение (см. рисунок).



Трёхмерная модель ограничителя перенапряжения серии ОПН-35 УХЛ1 на 35кВ

Модель ОПН выполнена по чертежам Акционерного Общества «Завод энергозащитных устройств» с помощью САПР «Autodesk Inventor».

ОПН состоит из верхней крышки, которая является крепёжным элементом, варистора – металлооксидного стержня на основе оксида цинка (ZnO), корпуса, отлитого из полимера на основе резины и фланца нижнего. Преимущественно ОПН применяются в полимерном исполнении, так как они проще в монтаже, взрывобезопасны, стойки к климатическим факторам, приспособлены к климату Российской Федерации, имеют высокие электрические и разрядные характеристики, приспособлены к актам вандализма.

Создание и внедрение в учебный процесс динамических трехмерных моделей обеспечивает более быстрое, ясное понимание конструкции и работы в движении многих энергетических установок. Данный учебный материал может быть представлен в качестве видео-уроков в электронных учебных курсах на образовательных площадках высших учебных заведений. Такой метод представления учебного материала выводит образовательный процесс на более высокий новый уровень для студентов как очной, так и заочной форм обучения. Реализация поставленных задач эффективности, доступности и повышения качества образования может быть выполнена в полном объеме [4, 5].

Источники

1. Политика в области качества ФГБОУ ВО «КГЭУ» от 17.01.2022 [Электронный ресурс]. URL: https://kgeu.ru/Document/GetDocument/510b54e6-9721-4d20-8ffa-168297d245e5 (дата обращения: 13.10.2022).

2.Филимонов С.С., Хамитова Д.В. Перспективы использования систем автоматизированного проектирования в образовательной среде // Тенденции развития науки образования. 2022. № 84-1. С. 112–114.

3. Рукавишников В.А. Адаптивность как ключевой фактор модели подготовки специалиста в вузе в условиях цифровой экономики // Тенденции развития науки и образования. 2022. № 84-1. С. 17–19.

4. Рукавишников А.А., Прец М.А. Особенности подготовки специалистов для цифрового проектирования // Современные цифровые технологии: проблемы, решения, перспективы: матер. Нац. (с междунар. участием) науч.-практ. конф. / под общ. ред. ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллазянова. Казань, 2022. С. 220–223.

5. Хамитова Д.В., Филимонов С.С., Николаев К.В. Использование трехмерного моделирования в электронных и дистанционных образовательных технологиях // Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы: сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. / отв. ред. К.А. Вольхин. Новосибирск, 2021. С. 251–256.

УДК 004.942

ШИРОКИЙ СПЕКТР ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОГРАММЫ КОМПАС-3D

Хамитова Динара Вилевна[1], Филимонов Сергей Сергеевич[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]orhidey-din@mail.ru, [2]serfv43@gmail.com

Рассматриваются преимущества и возможности применения программы КОМПАС-3D для трехмерного моделирования и проектирования механизмов, объектов в различных отраслях народного хозяйства.

Ключевые слова: КОМПАС-3D, система автоматизированного проектирования (САПР), 3D моделирование, адаптивное проектирование.

A WIDE RANGE OF PROGRAM FEATURES COMPASS-3D

Khamitova DinaraVilevna[1], Filimonov Sergey Sergeevich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]orhidey-din@mail.ru, [2]serfv43@gmail.com

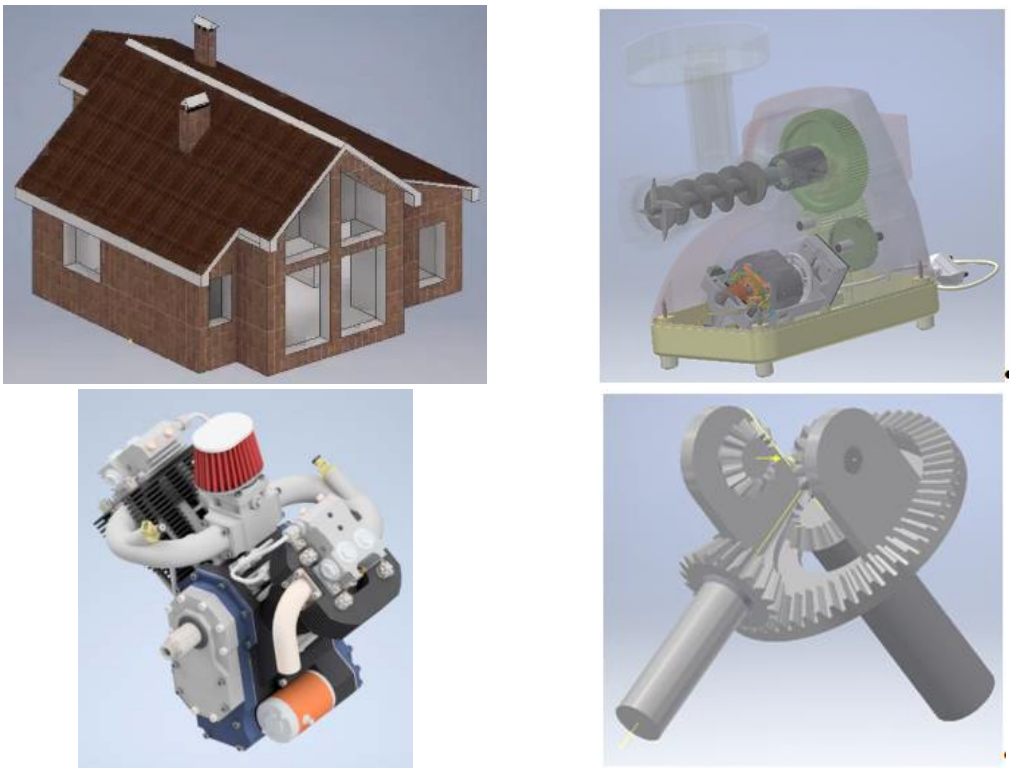
The advantages and possibilities of using the COMPASS-3D program for three-dimensional modeling and design of mechanisms and objects in various sectors of the national economy are considered.

Keywords: COMPASS-3D, computer-aided design system (CAD), 3D modeling, adaptive design.

КОМПАС-3D – это одна из самых популярных и универсальных систем автоматизированного проектирования. Название ее происходит от сокращения словосочетания Комплекс Автоматизированных Систем. Пространственное моделирование в системе КОМПАС-3D ассоциировано с чертежами и схемами изделия. Данное программное обеспечение (ПО) располагает функциональными инструментами для трехмерного проектирования, расчёта напряжений и анализа сопротивления материалов механизмов, деталей, а также 3d-печати изделий профессионального уровня [1, 2]. Рассмотрим некоторые из ключевых функций КОМПАС-3D: параметрическое и произвольное моделирование, автоматизированное проектирование деталей. Широкий спектр возможностей делает его достаточно функциональным инструментом в инжиниринге. Данная САПР используется в таких технических отраслях как: архитектура, инженерия, графический дизайн, менеджмент. Рассматриваемая САПР содержит в себе множество стандартов единой системы конструкторской документации.

В КОМПАС-3D присутствует система быстрого поиска и подбора компонентов, которые можно находить не только по их свойствам, но и по геометрическим размерам или положению компонента по отношению к заданному месту. Встроенные средства проектирования типовых механических конструкций позволяют быстро проанализировать, спроектировать и создать стандартные разъемные соединения, цепные и ременные передачи [3, 4].

На рисунке приведены примеры выполненных работ с использованием обширного функционала данной САПР, позволяющего решать технические задачи различной сложности.



Примеры выполненных работ с использованием КОМПАС-3D

Необходимо перечислить возможности КОМПАС-3D:

– проектирование изделий объемом в несколько десятков тысяч компонентов;

– инженерная подсистема проектирования, анализа и генерации типовых механических конструкций с использованием стандартных изделий;

– инструментарий для специализированных производств: тонколистовое проектирование (гибка, штамповка), сварные конструкции (предварительная разделка, сварка, обработка сварной конструкции), совместная обработка деталей в сборе;

– автоматическое создание видов чертежей, ассоциативно связанных с моделью;

– возможность первичной проработки эскизного проекта с последующим переходом к трехмерной модели;

– проектирование сложных сборок.

Современное проектирование машиностроительных изделий и различных конструкций практически невозможно без использования трехмерного моделирования. Для автоматизации большого количества рутинных процессов (получения ассоциативных проекций по модели изделия, автоматического построения разрезов/сечений, автоматического обозначения центров, формирования спецификаций и отчётов и др.) используется КОМПАС-График в связке с системой трехмерного моделирования КОМПАС-3D.

Источники

1. Рукавишников В.А., Прец М.А. Формирование цифровой проектно-конструкторской компетенции // Инновационные технологии в инженерной графике: проблемы и перспективы: сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. / отв. ред. К.А. Вольхин. Новосибирск, 2021. С. 178–181.

2. Рукавишников В.А., Прец М.А. Информационные технологии в цифровой трансформации // КОГРАФ – 2021: сб. матер. 31-й Всерос. науч.-практ. конф. по графическим информационным технологиям и системам. Н. Новгород, 2021. С. 82–85.

3. Филимонов С.С., Хамитова Д.В. Перспективы использования систем автоматизированного проектирования в образовательной среде // Тенденции развития науки образования. 2022. № 84-1. С.112–114.

4. Зиангиров А.Ф., Фархутдинов М.М., Хамитова Д.В. 3D моделирование и 3D печать // Матер. Междунар. науч.-практ. конф. им. Д.И. Менделеева, посвящ. 90-летию проф. Р.З. Магарила. Тюмень, 2022. С. 407–408.

УДК 004.94

РОЛЬ КОМПАС-3D В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

Хатипова Линиза Фаниловна[1], Шарипов Ильнар Ильдарович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[2]sharipov.ii@kgeu.ru

Первоначально цифровые технологии были призваны дополнить традиционные методы в деятельности инженеров. Но в настоящее время программное обеспечение полностью их заменяет. В статье рассматривается возможность выполнения конструкторских работ методом параметрического моделирования в графическом редакторе КОМПАС-3D, а также роль данной программы в подготовке специалистов технического профиля.

Ключевые слова: инжиниринг, конструкторская деятельность, приборостроение, инженерное геометрическое моделирование, КОМПАС-3D, параметрическое моделирование.

THE ROLE OF KOMPAS-3D IN INSTRUMENT MAKING

Khatipova Liniza Fanilovna[1], Sharipov Ilnar Ildarovich [2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[2]sharipov.ii@kgeu.ru

Initially, digital technologies were designed to complement traditional methods in the activities of engineers. But currently, the software completely replaces them. The article discusses the possibility of performing design work by parametric modeling in the COMPASS-3D graphics editor, as well as the role of this program in the training of technical specialists.

Keyword: engineering, design activity, instrumentation, engineering geometric modeling, COMPASS-3D, parametric modeling.

Инжиниринг – интеллектуальная деятельность человека, дисциплина, профессия, включающая в себя работу над различными видами проектов, а также услуги и научно-исследовательские работы. Главной задачей инженеров является правильное распределение ресурсов для решения конкретных проблем, с которыми сталкивается человечество [1]. Инженерия включает в себя различные виды специализаций, которые охватывают все виды деятельности, т. е. научно-исследовательскую, организационно-управленческую и проектно-конструкторскую.

Инженерное геометрическое моделирование (ИГМ) – «приемник» «Инженерной графики», основой которой являлась «Начертательная геометрия», ориентированная на двухмерную плоскость.

ИГМ – трехмерное автоматизированное проектирование, включающее модули инженерных расчетов. Инженерное геометрическое моделирование рассматривает метод параметрического моделирования, т. е. в процессе проектирования параметры механизма могут быть изменены. Данный вид моделирования осуществляется путем создания ключевых особенностей конструкции с помощью компьютерного программного обеспечения. С появлением возможности редактирования трехмерных изделий во многих образовательных учреждениях, а также у специалистов традиционных профессий возникла необходимость в использовании системы автоматизированного проектирования (САПР) нового поколения [2, 3]. Самыми популярными примерами САПР являются КОМПАС-График и КОМПАС-3D от компании АСКОН.

КОМПАС-3D – широко распространенная система 3D-CAD. Данная программа создана для разработки цифровых прототипов изделий и деталей, а также для исследования различных видов документаций (чертежи и т. д.). Инструменты КОМПАС-3D позволяют реализовать сборки из листового материала и получение их разверток в трехмерном пространстве. КОМПАС-3D – один из видов коммерческих программ компании АСКОН. Эта система дает возможность проектировать в 3D-пространстве и создавать 2D- и 3D-документации. Данная программа позволяет конструировать твердые детали и сборочные единицы, на основе которых создается объемная модель – первоначальная работа Inventor, так как создание большой модели позволяет сделать чертеж полной детали – сборочного узла [4]. Процесс проектирования параметрической модели в программе КОМПАС-3D состоит из 6 этапов.

1) создание двумерного эскиза базового элемента конструкции;

2) установка ограничений и размеров в двумерном эскизе;

3) создание трехмерной модели конструкции;

4) добавление дополнительных параметрических объектов;

5) анализ компьютерной модели и корректировка конструкции при необходи-мости;

6) создание чертежных видов для документирования проекта.

Преимущества КОМПАС-3D:

– 2D- и 3D-моделирование;

– история моделирования детали и сборочной единицы хранятся в отдельном окне, что содействует мониторингу допущенных ошибок и их исправлению;

– визуализация конструкции;

– разработка электрических систем;

– параметрический расчет

КОМПАС-3D способствует быстрому усвоению материала в рамках дисциплины ИГМ, что крайне важно при подготовке специалистов технического профиля. Данная программа отличается легкостью в освоении и возможностью выполнения сборки нескольких деталей. Также КОМПАС-3D позволяет работать сразу в 3D-пространстве, без создания 2D эскиза.

Исходя из всего вышесказанного, САПР является одним из лучших инструментов в работе современных инженеров, а также облегчающим ведения процесса преподавания технических проектно-конструкторских дисциплин.

Источники

1. Что такое инжиниринг? [Электронный ресурс]. URL: https:// enginclub.ru/chto-takoe-inzhiniring/ (дата обращения: 06.10.2022).

2. Рукавишников В.А., Тазеев И.Р., Уткин М.О. Цифровое образование // КОГРАФ-2018: сб. матер. 28-й Всерос. науч.-практ. конф. по граф. инфрормац. технологиям и системам. Н. Новгород, 2018. С. 313–316.

3. Иксанов Ф.Ф. Хамитова Д.В. Автоматизация трехмерного моделирования трубопроводных систем // Матер. XXV Всерос. аспирантско-магистерского науч. семинара, посвящ. Дню энергетика. В 3 т. / под общ. ред. ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллазянова. Казань, 2022. Т. 1. С. 305–307.

4. Большаков В.П., Чагина А.В. 3D-моделирование в КОМПАС-3D версий V17 и выше: учеб. пособие для вузов. СПб.: ИД «Питер», 2021. 256 с.

УДК 621.548

СОВРЕМЕННЫЕ МЕЖДУНАРОДНЫЕ ОТНОШЕНИЯ РОССИИ И РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Хусаинова Карина Ленаровна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
k-khusainova04@mail.ru

В статье предложена информация об истории отношений между Россией и Республикой Беларусь, их развитие в сфере энергетики. Также представлена информация о совместной работе данных стран, о достигнутых ими успехах и помощи друг другу.

Ключевые слова: энергетика, взаимоотношения, Союзное государство, импорт, экспорт, производство.

MODERN INTERNATIONAL RELATIONS BETWEEN RUSSIA AND THE REPUBLIC OF BELARUS IN THE ENERGY SECTOR

Khusainova Karina Lenarovna
Kazan State Power Engineering University, Kazan
k-khusainova04@mail.ru

The article offers information about the history of relations between Russia and the Republic of Belarus, their development in the energy sector. Information is also provided on the joint work of these countries, the successes they have achieved and assistance to each other.

Keywords: energy, relations, Union State, import, export, production.

Взаимоотношения России и Республики Беларусь в области энергетики имеют направление на усовершенствование наилучших экономических связей в нефтяной, газовой и электроэнергетической отраслях, а также в атомной энергетике. В составе Союзного государства каждый год производятся балансы топливно-энергетических ресурсов: нефтяного сырья, бензина, дизельного топлива, по газу, углю, электрической энергии.

Обновлённый вектор в энергетической политике России и Белоруссии был надёжно закреплен активизацией работы по формированию ЕЭП (единое экономическое пространство). Значительное влияние оказало подписание соглашения между Россией, Белоруссией и Казахстаном 9 декабря 2010 г. «О единых принципах и правилах конкуренции». С данного момента объединение стран приобретало более стойкий характер, получилось выйти на новые рубежи интеграции. С 1 июля 2011 года были установлены контрольные пункты на границах. И уже с 1 января 2012 г. Из-за вступления в силу 17 базовых соглашений ЕЭП оформилось во всей мере [1].

В Республике Беларусь стали строить Атомную станцию, на её сооружение был подписан Генеральный контракт 18 июля 2012. Данная станция имела в составе два энергоблока общей мощностью до 2,4 тыс. МВт [2].

В 2011–2012 гг. экспорт России в Республику Беларусь увеличивался немаленькими темпами по сравнению с поставками в дальнее зарубежье. Но главной чертой торговые отношения России с партнерами по Таможенному союзу в 2011 г. было увеличение темпов роста импорта из стран этого союза над темпами роста экспорта России. Это доказывает, что Республике Беларусь удалось осуществить привилегии, которые получили при формировании объединения [3].

Активизация торговли топливно-энергетическими товарами, которая связана с отменой экспортных пошлин на нефть в торговле России и Беларуси являлась важным фактором для процветания внешней торговли Республики Беларусь в 2011–2012 гг. Поэтому после установления ею пакета соглашений по ЕЭП в июле 2010 г. пошлины нефти из России в Беларусь отменили, а экспортные пошлины, уплачиваемые из Беларуси за границы единой таможенной территории, начали отправлять в бюджет России [4].

В 2011 г. резко увеличились поставки нефти из России в Беларусь и стоимость объемов белорусского импорта из России. Причиной такого масштабного увеличения экспорта в третьи страны было резкое увеличение поставок растворителей и разбавителей.

В 2013 г. объемы импорта нефтепродуктов в Беларусь из России уменьшились на 99 %, а импорт Беларуси из России уменьшился на 16,9 %. Еще в 1999 г. между Российской Федерацией и Республикой Беларусь была заключена договорённость о проведении единой структурной промышленной политики. Подходящее Соглашение было заключили в Минске 8 сентября 1999 г. Данная политика была составной частью экономической политики обоих государств-участников и представляла совокупность мер, которые проводили для обеспечения стабильного роста промышленного производства на основе увеличения его эффективности [5].

В России существуют десятки обобщённых сборочных производств с предприятиями Беларуси, а в самой республике десятки предприятий с участием России, но нужен был комплексный подход. На собрании 12 декабря 2012 г. заключили договор об осуществлении главных проектов по основании больших объединенных промышленных структур.

Таким образом, объединение на инновационной основе научных и научно-технологических ресурсов Беларуси и России в составе Союзного государства помогает достаточно сильно увеличить эффективность всех видов исследований при достаточно небольших бюджетных затратах.

Источники

1. Григорьев Л., Салихов М. Энергетический баланс России: анализ и оценка // Экономическое обозрение. 2007. № 6. С. 47–55.

2. Дашкевич В.Ф. Энергетическая зависимость Беларуси: последствия для экономики и общества [Электронный ресурс]. Мн.: Логвинов, 2005. 68 с. URL: https://library.fes.de/pdf-files/bueros/belarus/07065.pdf (дата обращения: 27.10.2022).

3. Региональная экономика и управление / под. ред. В.И. Видяпина, М.В. Степанова. М.: ИНФРА-М, 2009. 666 с.

4. Шевченко Л.И. Проблемы определения существенных условий при заключении договоров в сфере топливно энергетического комплекса // Право и экономика. 2013. № 6. С. 29.

5. Государственная энергетическая политика [Электронный ресурс]. URL: http://www.energy-law.ru/law/1165/ (Дата обращения: 03.11.2022)

УДК 378.016

МЕТОДИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЕКТНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ФГБОУ ВО «КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» В ПРОЦЕССЕ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «ИСТОРИЯ»

Хуторова Людмила Михайловна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
hutorovalyd@mail.ru

В статье анализируется опыт организации проектной работы студентов в ФГБОУ ВО «КГЭУ» по дисциплине «История», освещен методический аспект данной формы работы. Автор делает вывод о положительных сторонах данной деятельности и перечисляет трудности содержательного и организационного характера, возникающие при её осуществлении.

Ключевые слова: история, soft skills, проектная деятельность, педагогические условия подготовки инженерных кадров.

METHODOLOGICAL ASPECT OF THE ORGANIZATION OF PROJECT WORK OF STUDENTS OF THE KAZAN STATE POWER ENGINEERING UNIVERSITY IN THE PROCESS OF STUDYING THE DISCIPLINE «HISTORY»

Khutorova Lyudmila Mikhailovna
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
hutorovalyd@mail.ru

The article analyzes the experience of organizing the project work of students in the discipline «History» at the KSEU, highlights the methodological aspect of this form of work. The author draws a conclusion about the positive aspects of this activity and lists the difficulties of a substantive and organizational nature that arise during its implementation.

Keywords: history, soft skills, project activity, pedagogical conditions for training engineering personnel.

Методическая составляющая учебно-образовательного процесса традиционно играет ведущую роль в обеспечении его эффективности и выступает залогом успешного достижения результатов, заложенных федеральными стандартами. Современная организация образовательного процесса изучаемых дисциплин в высшей школе базируется на компетентностном подходе, который включает в себя как профессиональные, так и общекультурные компетенции и способности. Дисциплина «История»

относится к базовым предметам, и получаемые в ходе её освоения знания и навыки способствуют формированию общекультурных компетенций, осознанию места и роли будущей деятельности в общественном развитии, умению аналитически мыслить, вести научную дискуссию. В результате изучения курса студенты должны научиться анализировать этапы и закономерности исторического развития общества для формирования гражданской позиции [1, с. 219]. Современная школа высшего образования демонстрирует широкий спектр образовательных технологий, обеспечивающих эффективные результаты обучения студентов. Среди современных технологий внимание привлекает проектная деятельность, которая способна обеспечить как усвоение студентами заявленных знаний, так и приобретение ими умений и навыков аналитического и коммуникативного свойств. В связи с этим актуальность приобретает внедрение проектных технологий в гуманитарный общеобразовательный блок изучаемых студентами дисциплин.

Выделим плюсы проектной деятельности: во-первых, заинтересованность студентов, обусловленная не изучением набора схоластических фактов и данных, а имеющая конкретную направленность; во-вторых, возможность творческого подхода к выполнению проекта и самостоятельной интерпретации его темы; в-третьих, конкретность, воплощенная в итоговом и промежуточных результатах. В ходе освоения студентами дисциплины «История» им предлагается выполнить видеопрезентацию по заданной теме. Электронное образование в современных условиях стало одной из важных составляющих учебного процесса и смешанная форма обучения студентов в КГЭУ позволяет сделать данную работу как в традиционной форме, сочетая самостоятельную работу с контактами с преподавателем, так и в рамках сервиса MoodleCloud. Работа над проектом делится на несколько этапов, которые включают в себя установку на работу над проектом (знакомство с идеей, выбор тем, выбор групповой или индивидуальной форм работы над проектом); начальный этап (деление на команды, если выбрана групповая форма работы, работа над замыслом проекта); работа над содержанием и практическим воплощением проекта; его презентация. Каждый из этапов имеет свой конечный результат и «продукт» – выполненное задание. В ходе установочного этапа студенты делятся на группы или индивидуально выбирают тему проекта. На начальном этапе проектанты составляют описание будущей презентации (почему и кому их проект может быть интересен, что будет представлять из себя план презентации, какой замысел положен в основу содержания их проекта). Содержательный этап

включает в себя изучение материалов по избранной теме и формирование видеоряда, написание текста презентации. В качестве промежуточного результата будет выступать презентация проекта [Подробнее о подготовке презентации см.: 2]. Кульминацией работы становится её представление в аудитории ВУЗа с последующими отзывами сокурсников, собственными заключениями о результатах своей работы.

Какие же возникают трудности в плане разработки методической поддержки данной формы учебной работы со студентами? Во-первых, вопросы организации учебно-образовательной среды. Далеко не все аудитории ВУЗа обеспечены средствами мультимедиа, следовательно – возникают трудности с представлением проекта. Во-вторых, вопросы, касающиеся содержания проекта. Проект должен быть интересен молодым людям, поэтому предлагаемые темы должны не оставить их равнодушными. В-третьих, вопросы системы оценивания и оценок. Каждый из этапов должен направлять самостоятельную деятельность студентов и ориентировать их на промежуточный контроль. Работа команд должна быть объективно оценена и вклад каждого участника должен быть учтён по его заслугам. Рамки балльно-рейтинговой системы оценки студентов по модулям не учитывают особенности проектной деятельности учащихся.

Таким образом, на примере проектной деятельности студентов как одной из форм работы с ними в процессе изучения дисциплины «История», можно проследить необходимость максимально продуманной методической поддержки всех этапов от замысла проекта до его воплощения.

Источники

1. Барсукова Н.В., Смоленцева А.А., Елисеева С.А. Компетентностный подход в преподавании «Истории в техническом вузе (на примере ИГЭУ) // Профессиональные компетенции в высшей школе: коллективная моногр. / отв. ред. А.Ю. Нагорнова, Т.Б. Михеева. Ульяновск: Зебра, 2018. С. 216–228.

2. Хуторова Л.М. Особенности подготовки и представления презентаций рефератов с использованием мультимедийных средств по дисциплине «История» студентами технических направлений // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2013. № 4 (19). С. 144–146.

Направление 5. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА НА ОБЪЕКТАХ ЖКХ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

УДК 681.5

ОБРАБОТКА АНАЛОГОВОГО СИГНАЛА НА БАЗЕ AVR КОНТРОЛЛЕРОВ

Ахметвалеева Ляля Вахитовна[1], Баганов Максим Алексеевич[2],
Гильфанов Камиль Хабибович[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]alvkgeu@mail.ru, [2]baganovm@mail.ru, [3]kamil.gilfanov@yandex.ru

К распространенным задачам в современных системах измерения и управления относятся задачи определения показаний датчиков, передающих информацию в виде аналогового сигнала – уровня напряжения. В данной статье рассматривается встроенный модуль аналого-цифрового преобразователя последовательного приближения AVR- контроллера, его особенности, принцип и режимы его работы.

Ключевые слова: АЦП, микроконтроллер, светодиодный индикатор, опорное напряжение, частота выборки.

ANALOGUE SIGNAL PROCESSING ON THE BASIS OF AVR CONTROLLERS

Akhmetvaleeva Lyalya Vakhitovna[1], Baganov Maxim Alekseevich[2],
Gilfanov Kamil Habibovich[3]
[1,2,3]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]alvkgeu@mail.ru, [2]baganovm@mail.ru, [3]kamil.gilfanov@yandex.ru

Common tasks in modern measurement and control systems include the tasks of determining the readings of sensors that transmit information in the form of an analog signal – the voltage level. This article discusses the built-in module of the analog-to-digital successive approximation converter of the AVR-controller, its features, principle and modes of operation.

Keywords: ADC, microcontroller, LED indicator, reference voltage, sampling frequency.

Аналого-цифровые преобразователи (АЦП) представляют собой электронные устройства, которые принимают входные аналоговые сигналы, преобразуют их в последовательность цифровых кодов с последующей их обработкой микропроцессорами или другими цифровыми устройствами.

АЦП входит во многие современные модели микроконтроллеров [1]. Он многоканальный, обычно число каналов изменяется от 4 до 24, в зависимости от модели используемого микроконтроллера (МК), например, для микроконтроллеров серии AVR варьируется от 4 каналов в младших моделях семейства Tiny, 6 каналов в ATmega8, до 16 каналов в ATmega2560 [2].

Сам АЦП представляет собой преобразователь последовательного приближения с устройством выборки и хранения и фиксированным числом циклов преобразования, равным 13 (или 14 для дифференциального входа; первое преобразование после включения питания занимает 25 циклов для инициализации АЦП). Увеличение частоты дискретизации допустимо, когда не требуется высочайшая точность преобразования. Разрешение АЦП в AVR МК составляет 10 бит, что достаточно для большинства типовых приложений.

Встроенный модуль АЦП может работать в двух режимах: одиночного и непрерывного преобразования [3]. Второй режим применяется при максимальной частоте выборок. В остальных случаях его следует избегать, так как обойти в этом случае необходимость параллельной обработки цифровых сигналов, как правило, невозможно, а это означает снижение точности преобразования.

Для практического исследования режимов преобразования АЦП рассмотрим схему подключения светодиодного индикатора напряжения к МК Atmega8. АЦП 8-канальный, все восемь индикаторов подключаем к порту ввода/вывода *D*0...*D*7, Индикаторы представляют собой линейную шкалу уровня входного сигнала от 0 до 5 V. Входом АЦП у нас будет вывод PC0(ADC0), к которому через переменный резистор сопротивлением 10 кОм подается напряжение. Схема устройства представлена на рисунке.

К точности АЦП в этом устройстве предъявляются наименьшие требования. Источником опорного напряжения служит напряжение питания микроконтроллера $U = 5$ В, для этого вывод AREF соединяем с выводом Vcc микроконтроллера, также поступаем с выводами питания аналоговой части AVcc и AGND, подключаем их к плюсу и минусу соответственно, в программе битами REFS1 и REFS0 в управляющем регистре задается источник ИОН.

Режим индикации работает следующим образом: после окончания преобразования, которое работает в непрерывном режиме, считываются биты регистров ADCH и ADCL. Это значение потом сравниваем с предварительно рассчитанными константами. Если значение регистра ADC больше константы загорается один светодиод, если значение регистра ADC больше второй константы загораются уже два светодиода и т. д.

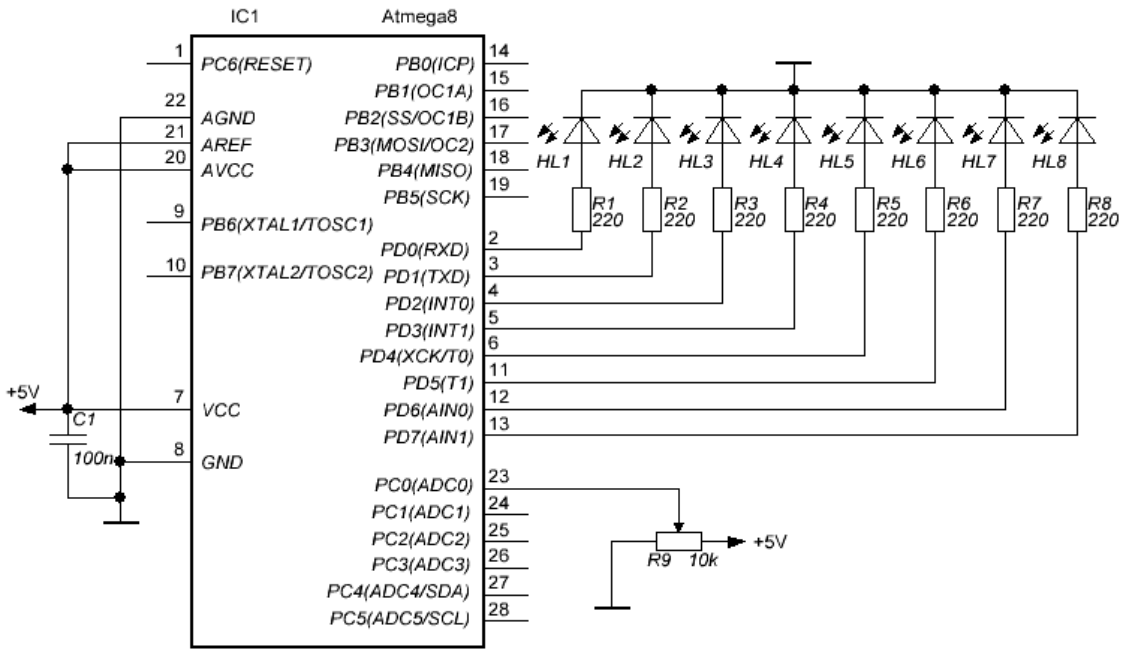


Схема подключения светодиодного индикатора напряжения

Константы вычисляются следующим образом: поскольку АЦП 10-разрядный, число 1024 делится на 8 равных частей и вычисляются эти значения по формуле в вольтах (128...0,625В; 256...1,25В; 384...1,875В; 512...2,5В; 640...3,125В; 768...3,75В; 896...4,375В; 1020...5В (приблизительно)).

В данной статье были рассмотрены встроенный модуль аналого-цифрового преобразователя последовательного приближения AVR- контроллера, его особенности, принцип и режимы его работы.

Источники

1. Васильев А.Е. Встраиваемые системы автоматики и вычислительной техники. Микроконтроллеры. М.: Горячая линия-Телеком, 2021. 590 с.

2. Мортон Дж. Микроконтроллеры AVR: Вводный курс / пер. с англ. М.: Издательский дом «Додэка&XXI», 2010. 272 с.

3. Дворников С.В. Устройства приема и обработки сигналов: учеб. СПб.: Лань, 2020. 512 с.

4. Данилин А.А. Измерения в радиоэлектронике: учеб. пособие. СПб.: Лань, 2017. 408 с.

5. Управляющая измерительно-информационная система экспериментального стенда / А.Н. Цветков [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22, № 4. С. 88–98.

УДК 681.125

НАДЕЖНОСТЬ И ТОЧНОСТЬ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ РАСХОДА НА ОБЪЕКТАХ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Бакиров Ренат Толгатович
ВНИИР – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»,
ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань
volcano-bakir@mail.ru

Требования закона об энергосбережении и повышении энергетической эффективности, а также периодическое повышение цен на энергоресурсы подталкивает к необходимости в повышении точности измерений количества энергоресурсов. Тепловая энергия не является исключением. Порядок организации коммерческого учета тепловой энергии, теплоносителя предусматривает требования к приборам учета, но надежность и точность теплосчетчика зависят от условий его монтажа и характеристик теплоносителя, так как неправильный монтаж и качество воды в системах теплоснабжения может исказить конечные результаты учета тепловой энергии.

Ключевые слова: теплосчетчик, учет, тепловая энергия, точность, прибор контроля, электромагнитный преобразователь расхода.

RELIABILITY AND ACCURACY OF THE ELECTROMAGNETIC FLOW CONVERTER AT HEAT SUPPLY OBJECTS

Bakirov Renat Tolgatovich
VNIIR – Affiliated Branch of D.I. Mendeleyev Institute for Metrology,
KNRTU-KAI, Kazan
volcano-bakir@mail.ru

The requirements of the law on energy conservation and energy efficiency improvement, as well as the periodic increase in energy prices, push for the need to increase the accuracy of measurements of the amount of energy resources. Thermal energy is no exception. The procedure for organizing commercial accounting of heat energy, heat carrier provides requirements for metering devices, but the reliability and accuracy of the heat meter depend on the conditions of its installation and the characteristics of the heat carrier, since improper installation and water quality in heat supply systems can distort the final results of heat energy accounting.

Keywords: heat meter, metering, thermal energy, accuracy, control device, electromagnetic flow converter.

В настоящее время к приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники в РФ [4] относятся мероприятия, связанные с уменьшением энергопотребления и рациональным использованием энергоресурсов [1]. Стоимость энергоресурсов (природный газ, нефть, тепловая

энергия и т. д.) за последние годы неуклонно растет, поэтому задача повышения точности измерений количества энергоресурсов становится актуальной. Решение данной задачи снижает расхождение на узлах учета при транспортировке энергоресурсов от поставщика к потребителю. Особенно остро эта проблема стоит в сфере теплоснабжения.

Закрытая водяная система теплоснабжения [2] является распространенным способом транспортировки тепловой энергии конечным потребителям. Для обеспечения взаимных расчетов между поставщиками и потребителями энергии потребителям должна быть предоставлена точная информация о количестве потребляемой тепловой энергии. Данные требования регламентируются правилами коммерческого учета [3]. Эту информацию получают от теплосчетчиков, которые представляют собой измерительную систему, состоящую из: преобразователя расхода, измеряющего расход теплоносителя; преобразователей температуры, определяющих разницу температур между входом и выходом; вычислителя, производящего расчеты.

Наиболее часто применяемыми в качестве преобразователя расхода, входящие в состав теплосчетчика, являются классические электромагнитные расходомеры (далее – ЭР), у которых измеряется электродвижущая сила (ЭДС), индуцируемая в жидкости при пересечении ею магнитного поля.

ЭР, как правило, работают в условиях осесимметричного развитого профиля скорости, при условии отсутствия внезапного изменения геометрии проточной части трубопровода. Когда эти условия не выполняются, происходит нарушение осевой симметрии потока жидкости, и появляется влияние деформации поля скоростей, таким образом результаты измерений могут отличаться от реальных значений в показаниях ЭР.

Нарушение осевой симметрии потока жидкости на узлах учета тепловой энергии, теплоносителей возникают по следующим причинам:

– задвижки, колена, тройники, конфузоры и т. д. установлены без обеспечения соблюдения обязательных требований по отношению к указанным в документации к ЭР, которые необходимо обеспечить для его надлежащего функционирования (например, не обеспечивается требования по прямолинейным пред- и постучасткам);

– местные гидравлические сопротивления (элементы трубопровода, вызывающие возмущение потока: шероховатость стенок, сварные швы, место соединения (фланцы, прокладки), эллипсность и несоосность) [5, 6].

Основные элементы ЭР – это отрезок трубы из диамагнитного материала, имеющий внутреннее изоляционное покрытие; электромагнитная система, расположенная снаружи, и два электрода для съема разности потенциалов, образующейся при пересечении жидкостью магнитного поля. Поскольку электрод соприкасается с жидкостью в процессе эксплуатации происходят следующие негативные последствия, оказывающие влияния на показаниях ЭР:

– поляризация электродов, так как теплоноситель – это жидкость с ионной проводимостью и при протекании электрического тока через электролит нарушается электродинамическое равновесие на границе электрод-жидкость из-за ограниченной скорости электрохимических реакций. Чем больше сила тока, тем большее число ионов не успевает разрядиться при проходе через поверхностный слой. В результате происходит концентрация отрицательных ионов у положительного контакта электрода, а положительных–у отрицательного контакта электрода. Явление поляризации электродов при применении переменного магнитного поля выражен в меньшей степени, чем при постоянном магнитном поле.

– осадки, коррозия, ферромагнитные частицы, накипь, заиливание и т. д. (далее – загрязнения) образовываться на поверхности электродов, процесс происходит естественным путем и напрямую зависит от характеристик теплоносителя.

Для решения последнего вышеописанного влияния, которые вносят искажения в конечные результаты по учету тепловой энергии можно применить один из вариантов:

1) предусмотреть установку ЭР на узлах учета тепловой энергии, теплоносителей с программируемым функционалом по обеспечению интервала времени по (периодической) очистке электродов (исследований не проводилось) путем:

− выгорания (выжигания, пробои) – это метод пропускания достаточно большого тока, который позволяет удалять поверхностные отложения в режиме приостановки работы электроники расходомера;

− ультразвука – этот метод предусматривает вибрацию электрода ультразвуком для создания локальной кавитации. Для этого к электроду присоединяется пьезоэлемент, на который подается напряжение с частотой 45–65 кГц.

2) предусмотреть установку ЭР не имеющие контакт с измеряющей жидкостью, а именно применение ЭР с емкостными электродами используя метод емкостной связи для получения индукционного сигнала (исследований не проводилось)

Для решения первого вышеописанного влияния предлагается экспериментально обосновано применение ЭР с прямоугольным каналом, входящего в состав теплосчетчика, который не зависит от профиля скоростей потока и является прибором, инвариантным к нарушениям симметрии распределения скоростей в потоке.

В процессе экспериментальных исследований влияния гидродинамической пред- и постистории потока жидкости на метрологические характеристики ЭР с прямоугольным каналом было установлено, что данный ЭР можно эксплуатировать без прямых пред- и постучастков. Таким образом, предложено оригинальное решение по решению минимизации влияющих гидродинамических факторов путем применения ЭР с прямоугольным каналом в составе теплосчетчика.

Источники

1. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации [Электронный ресурс]: Федер. закон Рос. Федерации от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ. URL: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102133970 (дата обращения: 21.10.2022).

2. О теплоснабжении [Электронный ресурс]: Федер. закон Рос. Федерации от 27 июля 2010 г. № 190-ФЗ. URL: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102140439 (дата обращения: 21.10.2022).

3. О коммерческом учете тепловой энергии, теплоносителя [Электронный ресурс]: Постановление Правительства Рос. Федерации от 18 ноября 2013 г. № 1034. URL: http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&prevDoc=102519395&backlink=1&&nd=102169132 (дата обращения: 23.10.2022).

4. Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации [Электронный ресурс]: Указ Президента Рос. Федерации от 7 июля 2011 г. № 899. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 24.10.2022).

5. Влияние профиля скорости на точность электромагнитных расходомеров / Р.Т. Бакиров [и др.] // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2021. № 6 (575). С. 45–49.

6. Бакиров Р.Т., Шабалин А.С., Оценка учета тепловой энергии, проблемы и пути решения // Современные проблемы энергетики: матер. I Нац. науч.-практ. конф. Тюмень, 2022. С. 77–79.

УДК 621.315.62

АКУСТИЧЕСКИЙ МЕТОД МОНИТОРИНГА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ С ПОСТРОЕНИЕМ И АНАЛИЗОМ АМПЛИТУДНО-ФАЗОВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ

Вагапов Айдар Ильшатович[1], Галиева Татьяна Геннадьевна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]aydar.vagapoff@yandex.ru, [2]79534929817@ya.ru

Статья посвящается применению акустического метода мониторинга высоковольтных изоляторов на основе выявления и последующего анализа данных по частичным разрядам, которые возникают в дефектах изоляции. Предлагается переносная установка на основе пьезоэлектрических датчиках и ПО на основе контроллера *Wiren Board 6*. Приведено амплитудно – фазовое распределение частичного разряда.

Ключевые слова: изолятор, дефекты изоляции, частичные разряды, переносная установка, амплитудно-фазовое распределение.

ACOUSTIC METHOD FOR MONITORING HIGH-VOLTAGE INSULATORS WITH CONSTRUCTION AND ANALYSIS OF THE AMPLITUDE-PHASE DISTRIBUTION OF PARTIAL DISCHARGES

Vagapov Aidar Ilshatovich[1], Galiyeva Tatyana Gennadievna[2]
[1,2,3]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]aydar.vagapoff@yandex.ru, [2]79534929817@ya.ru

The article is devoted to the application of the acoustic method for monitoring high-voltage insulators based on the detection and subsequent analysis of data on partial discharges that occur in insulation defects. A portable installation based on piezoelectric sensors and software based on the Wiren Board 6 controller is proposed. The amplitude-phase distribution of a partial discharge is given.

Keywords: insulator, insulation defects, partial discharges, portable installation, amplitude-phase distribution.

Необходимой практикой в контроле технического состояния изоляционного оборудования является детектирование частичных разрядов. Возникновение частичного разряда обусловлено наличием высокой напряжённости электрического поля в месте газового включения высоковольтного изолятора, то есть в месте дефекта изоляции [1, с. 74].

Частичный разряд – следствие деградации изоляции, возникающий в высоковольтном оборудовании. Возникновение частичного разряда сопровождается различными воздействиями: тепловое, электромагнитное, акустическое и так далее. Основным методом выбирается акустический в следствии своих преимуществ (малогабаритность, отсутствие контакта с исследуемым объектом, низкая погрешность и т. д.) [2, с. 15].

Для получения данных была реализована переносная установка, состоящая из акустических датчиков (рис. 1) [3].

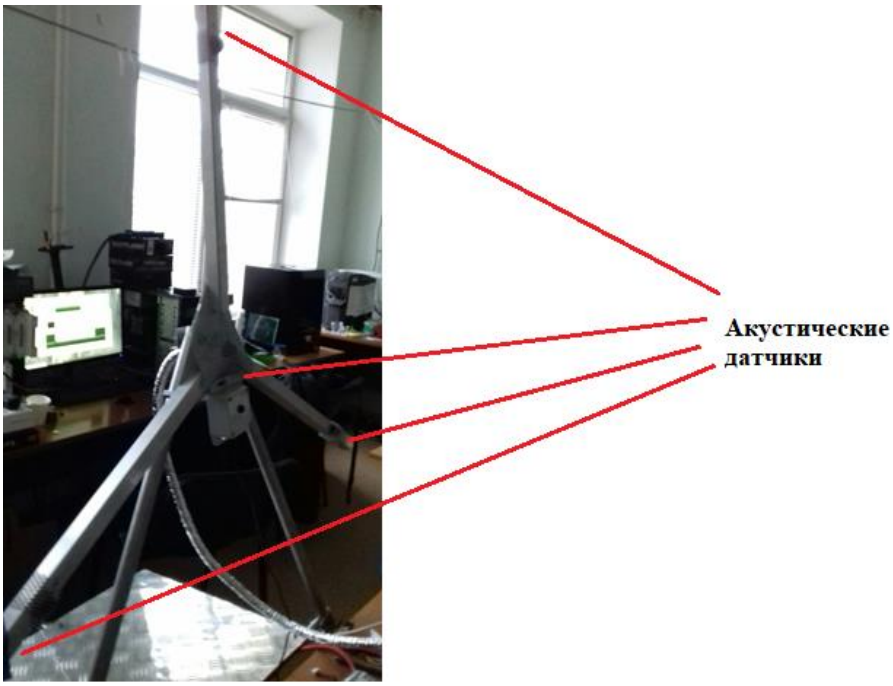


Рис. 1. Переносная установка на основе акустических датчиков

Полученная информация с акустических датчиков поступает на АЦП, где преобразуется в формат, необходимый для взаимодействия с контроллером *Wiren Board 6*. Таким образом, на выходе получаем файл с данными по частичным разрядам в формате *wfm*. В данном файле записаны характеристики частичных разрядов. Для локализации дефекта в высоковольтном изоляторе чаще всего используется амплитудно-фазовое распределение частичного разряда [4].

Данные с датчиков загружаем в программу *PDflex*. Данная программа позволяет получить графическую информацию по частичным разрядам (рис. 2).

В дальнейшем данные сравниваются с эталонными значениями, и, исходя из этого, определяется дефект в изоляторе. В данном случае представлен дефект стержня высоковольтного изолятора [5].

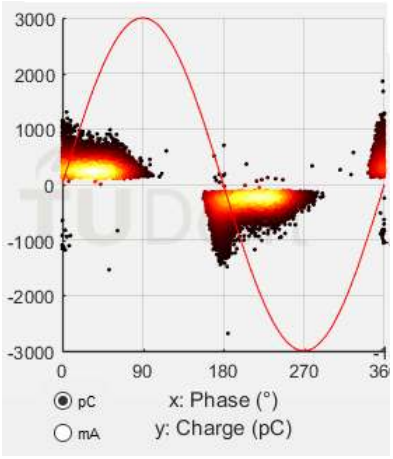


Рис. 2. Амплитудно-фазовое распределение частичного разряда

Таким образом, с помощью построения амплитудно – фазового распределения можно определить тип дефекта, присутствующего в высоковольтной изоляции.

Источники

1. Важов В.Ф., Лавринович В.А., Лопаткин С.А. Техника высоких напряжений: курс лекций для направления 140200 «Электроэнергетика». Томск: Изд-во ТПУ, 2006. 119 с.

2. Вдовико В.П. Частичные разряды в диагностировании высоковольтного оборудования. Новосибирск: Наука, 2007. 155 с

3. Система контроля акустического излучения разрядных процессов на электрической подстанции для целей диагностики технического состояния изоляционного оборудования / Д.А. Иванов [и др.] // Известия РАН. Серия физическая. 2021. Т. 85, № 11. С. 1597–1601.

4. Wiren Board 6 – Универсальный контроллер для автоматизации с открытым ПО на базе Linux [Электронный ресурс]. URL: https:// wirenboard.com/ru/product/wiren-board-6/ (дата обращения: 27.10.2022).

5. Исследование частичных разрядов в опорных изоляторах / Д.А. Поляков // Омский научный вестник. 2020. № 1 (169). С. 32–38.

УДК 681.121.84

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ РАСХОДОМЕР ПЕРЕМЕННОГО ПЕРЕПАДА ДАВЛЕНИЯ

Голенищев-Кутузов Александр Вадимович[1], Семенников Антон Владимирович[2],
Харченко Сергей Борисович[3], Аввакумов Максим Вячеславович[4]
[1,2,3,4]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]alex.kutuzov@mail.ru, [2]campoce6e@gmail.com, [3]harch@list.ru, [4]potter1771@mail.ru

Предложено электромагнитное микроконтроллерное устройство определения расхода жидкости, основанное на зависимости перепада давления от расхода. В основу положено взаимодействие движущейся электропроводной жидкости с магнитным полем, подчиняющееся закону электромагнитной индукции. Устройство способно измерять такие параметры жидкости, как скорость, расход, объем, а также отображать результаты измерений и суммарное время наблюдения на панели индикации. Предусмотрена передача полученных данных на персональный компьютер.

Ключевые слова: перепад давления, дифференциальный манометр, динамический напор, мера расхода, электропроводная жидкость, электромагнитная индукция.

VARIABLE PRESSURE ELECTROMAGNETIC FLOWMETER

Golenishchev-Kutuzov Alexander Vadimovich[1], Semennikov Anton Vladimirovich[2],
Kharchenko Sergey Borisovich[3], Avvakumov Maxim Vyacheslavovich[4]
[1,2,3,4]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]alex.kutuzov@mail.ru, [2]campoce6e@gmail.com, [3]harch@list.ru, [4]potter1771@mail.ru

Proposed is an electromagnetic microcontroller device for determining the flow rate of a liquid based on the dependence of the pressure drop on the flow rate. It is created based on the interaction of a moving electrically conductive liquid with a magnetic field in accordance with the law of electromagnetic induction. This device is capable of measuring multiple liquid parameters such as velocity, flow rate, and volume, and displaying received measurement results along with the total observation time on the display panel. In addition, the transfer of received data to a personal computer is provided.

Keywords: differential pressure, differential pressure gauge, dynamic pressure, flow measure, electrically conductive liquid, electromagnetic induction.

Как правило, в состав классического расходомера входит преобразователь расхода, создающий перепад давления, дифференциальный манометр, измеряющий этот перепад, и соединительные трубки. В общем виде принцип действия расходомеров основан на восприятии динамического напора контролируемой среды, зависящего от расхода, с помощью чувствительного элемента, помещенного в анализируемый поток. В результате воздействия потока чувствительный элемент перемещается, а величина перемещения служит мерой расхода. Чаще всего в данных устройствах используется

взаимодействие движущейся электропроводной жидкости с магнитным полем, подчиняющееся закону электромагнитной индукции. В таких расходомерах (рис. 1) измеряется ЭДС, индуцируемая в жидкости при пересечении ею магнитного поля [1–3]. Для этого в участок трубопровода *2*, изготовленного из немагнитного материала, покрытого изнутри изоляцией и помещённого между полюсами *1* и *4* электромагнита, вводятся два электрода *3* и *5* в направлении, перпендикулярном как к направлению движения жидкости, так и к направлению силовых линий магнитного поля.

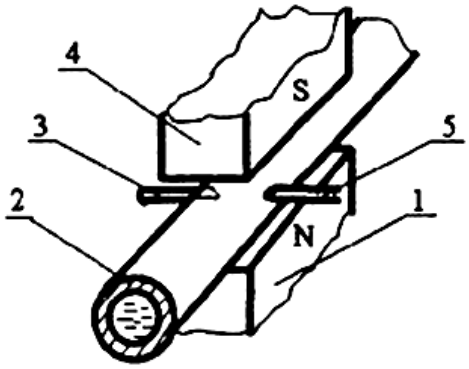


Рис. 1. Электромагнитный расходомер

Структурная схема предложенного нами устройства расходомера представлена на рис. 2. Система состоит из объекта контроля, микроконтроллера, пульта управления и аппаратуры их взаимосвязи. С генератора синусоидальных колебаний через преобразователь «напряжение – ток» сигнал подаётся на индуктор, который отвечает за создание рабочего магнитного потока. Индуктор представляет собой две катушки индуктивности. При подаче на катушки тока возбуждения создается магнитное поле, которое наводит ЭДС в электропроводной жидкости, движущейся в трубе. Значение ЭДС, пропорциональное скорости движения жидкости, а, значит, и расходу, снимается с двух измерительных электродов, расположенных напротив друг друга в диаметральной плоскости трубы. Полезный сигнал, снятый с двух электродов датчика, усиливается и поступает на фазочувствительный выпрямитель [4]. На него также подаётся сигнал с индуктора через преобразователь «ток-напряжение», фазосдвигающее устройство и формирователь управляющего напряжения. Далее сигнал фильтруется и с помощью АЦП преобразуется в двоичный код. Микроконтроллер AT89S8252 производит обработку получаемой информации, выводит данные на индикаторы, а также пересылает (при необходимости) информацию на ПК по каналу RS-485.

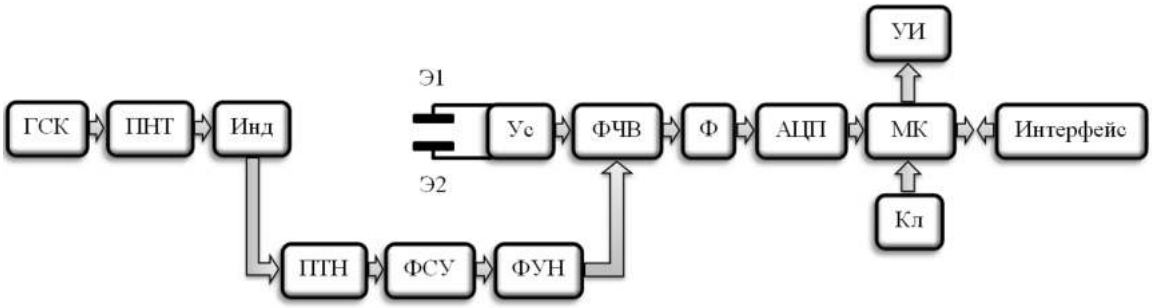


Рис. 2. Структурная схема расходомера: ГСК – генератор синусоидальных колебаний; ПНТ – преобразователь «напряжение – ток»; Инд – индуктор; Э1, Э2 – электроды; Ус – усилитель; ПТН – преобразователь «ток-напряжение»; ФСУ – фазосдвигающее устройство; ФУН – формирователь управляющего напряжения; ФЧВ – фазочувствительный выпрямитель; Ф – фильтр; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; МК – микроконтроллер; УИ – устройство индикации; Кл – клавиатура

Клавиатура включает в себя 4 переключателя для выбора аналоговых каналов, переключатель режимов работы системы и кнопку «сброс».

Таким образом, предложенная микроконтроллерная система, основанная на электромагнитном принципе, может использоваться для измерения параметров жидкости на контролируемом объекте. Описанная система производит 10 измерений в секунду и определяет средние значения измеренных величин, способна индицировать скорость потока (м/с), расход ($м^3$/час), накопленный расход ($м^3$) и время с момента начала работы. При этом диапазон измерения расхода составляет 1,0...10 $м^3$/с, погрешность не превышает 2 %, а рабочий температурный диапазон колеблется от 0 до 60 °С [5].

Источники

1. ГОСТ 28723-90. Расходомеры скоростные, электромагнитные и вихревые. М.: Стандартинформ, 2005. 10 с.

2. Ли К., Колм С. Точные измерения расхода жидкости в промышленных системах // Компоненты и технологии. 2014. № 4. С. 30–38.

3. Электромагнитный расходомер [Электронный ресурс]. URL: https://rashodomery.pro/rashodomery/types/elektromagnitnie/ (дата обращения: 05.11.2022).

4. Электромагнитные расходомеры YOKOGAWA / О. Ёшикава [и др.] // Автоматизация. 2008. № 5 (73). С. 84–89.

5. Ощепков А.Ю., Турунцев К.С. О парадоксах электромагнитных расходомеров // Экспозиция. Нефть. Газ. 2015. № 1 (40). С. 48–51.

УДК 621

ПРОБЛЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ СИНХРОНИЗАЦИИ С ЭТАЛОНОМ ПО ЦИФРОВОМУ КАНАЛУ

Краев Дмитрий Владимирович[1], Абусагитов Ильфат Рамилевич[2]
[1,2]ВНИИР – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»,
[1,2]ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань
[1]dafkw@mail.ru, [2]abus.ilfat@gmail.com

В статье рассмотрены каналы используемые для синхронизации средств измерений с эталоном. Проведен анализ проблем, возникающих при определении метрологических характеристик средств измерений по цифровому каналу.

Ключевые слова: цифровой канал, дискретизация, источник неопределенности, аналого-цифровой преобразователь, RS-485.

PROBLEMS OF DETERMINING THE METROLOGICAL CHARACTERISTICS OF MEASURING INSTRUMENTS IN SYNCHRONIZATION WITH A STANDARD VIA A DIGITAL CHANNEL

Kraev Dmitry Vladimirovich[1], Abusagitov Ilfat Ramilevich[2]
[1,2]VNIIR – Affiliated Branch of D.I. Mendeleyev Institute for Metrology,
[1,2]KNRTU, Kazan
[1]dafkw@mail.ru, [2]abus.ilfat@gmail.com

The article discusses the channels used to synchronize measuring instruments with the standard. The analysis of the problems that arise when determining the metrological characteristics of measuring instruments over a digital channel is carried out.

Keywords: digital channel, sampling, source of uncertainty, analog-to-digital converter, RS-485.

В настоящее время все больше находят применение средства измерений (далее – СИ), которые имеют только цифровой канал, что подтверждает Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений [1], в котором насчитывается более 95 000 утвержденных типов СИ, более 30 % из которых использую цифровой канал. Количество СИ с цифровым каналом растет с каждым днем, 2 % из них используют только цифровой канал. В следствии этого появляется вопрос: какую неопределенность измерений при определении метрологических характеристик этих СИ вносит процесс синхронизации с эталоном по цифровому каналу.

Для синхронизации СИ с эталоном могут использоваться частотно-импульсные, аналоговые и цифровые каналы. При синхронизации с эталоном, каждый из каналов имеет ряд достоинств и недостатков.

Достоинством частотно-импульсного канала [2] является высокая точность (абсолютная погрешность ±1 импульс), к недостаткам можно отнести ограничение по длине линии передачи для каждого СИ (затухание импульса).

К достоинствам аналогового канала [3] относится контроль работоспособности и относительно высокая длина линии (кабеля), к недостаткам – необходимость прокладки линии (кабеля) на каждое СИ.

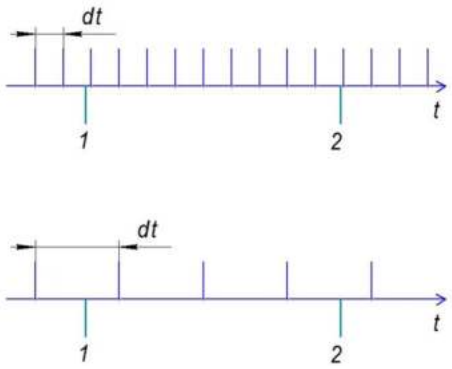
Достоинством цифрового канала [4] является подключение до 64 СИ (RS-485) на 1 линию, возможность получения дополнительной информации о состоянии СИ в реальном времени и передача информации без искажений, к недостаткам – сложность синхронизации при определении метрологических характеристик расходомеров и счётчиков. Данный недостаток обусловлен проблемами при передаче информации, в том числе проблемами, связанными с дискретизацией аналого-цифрового преобразователя.

Проблемы при передаче информации обусловлены: реакцией контроллера эталона на команду «старт» или «стоп» с формированием запроса к СИ; поступлением команды с эталона на СИ, передачи информации со СИ эталону (время доступа к устройству (обработка), время поступления командного запроса по протоколу (Modbus [5]) (зависит от скорости передачи) и время ответа на команду по протоколу); обработкой информации эталоном.

Проблемы, связанные с дискретизацией [6] аналого-цифрового преобразователя (далее – АЦП) [7] (временный график работы АЦП представлена на рисунке: *dt* – время дискретизации (АЦП выдают данные через определенные дискретные промежутки времени); *1* и *2* – ошибки времени передачи информации при нажатии кнопок «Старт» и «Стоп», соответственно) обусловлены:

– ошибкой в определении момента начала отсчета интервала времени измерений – передача информации по цифровому каналу при нажатии кнопки «старт» и «стоп»;

– увеличением интервала времени опроса при передаче информации по цифровому каналу – более одной единицы измерений (масса, объем и т. д.).



Временной график работы АЦП

Для устранения проблем при определении метрологических характеристик СИ по цифровому каналу, необходимо исследовать влияние работы цифровых каналов. Разработать рекомендации для составления методики поверки. Подготовить рекомендации изготовителям по внесению дополнительной информации в руководство по эксплуатации СИ.

Источники

1. Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений [Электронный ресурс]: офиц. сайт. М., 2022 https://www.rostest.ru/GosreestrSI.php (дата обращения: 24.10.2022).

2. Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты [Электронный ресурс]: Приказ от 31 июля 2018 года № 1621. URL: https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/activity/documents/orders#/ (дата обращения: 25.10.2022).

3. ГОСТ 26.011-80. Средства измерений и автоматизации. Сигналы тока и напряжения электрические непрерывные входные и выходные. М.: Изд-во стандартов, 1988. 5 с.

4. RS-485 рекомендованный стандарт электрических характеристик генераторов и приемников для использования в балансных многоточечных системах [Электронный ресурс]. URL: http://softelectro.ru/rs485.html (дата обращения: 25.10.2022).

5. Справочник по АСУ ТП [Электронный ресурс] URL: https://www.sites.google.com/site/asutpklub/-/promyslennye-seti/modbus (дата обращения: 23.10.2022).

6. Кодирование информации [Электронный ресурс]. URL: https://files.lbz.ru/authors/informatika/7/polyakov-10-1buuu-gl2.pdf (дата обращения: 25.10.2022).

7. Аналого-цифровые преобразователи [Электронный ресурс]. URL: https://pnu.edu.ru/media/filer_public/2013/01/31/lieu-acp.pdf (дата обращения: 25.10.2022).

УДК 62-799

ДАТЧИКИ МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ВЛЭП

Маслов Савелий Юрьевич[1], Хамидуллин Ильдар Ниязович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]saveli@gmail.com, [2]ildar.ildar-xam2017@yandex.ru

В статье представлена информация о модернизации сердечника датчика мониторинга параметров ВЛЭП и его сравнительный анализ с предыдущей версией.

Ключевые слова: металлический сердечник, мониторинг, датчик, ВЛЭП.

SENSORS FOR MONITORING THE PARAMETERS OF HIGH VOLTAGE TRANSMISSION LINES

Maslov Savely Yurievich[1], Khamidullin Ildar Niyazovich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]saveli@gmail.com, [2] ildar.ildar-xam2017@yandex.ru

The article provides information about the expansion of the core of the sensor for monitoring its parameters of the overhead power line and a comparative analysis with students.

Keywords: metal core, monitoring, sensor, high voltage power lines.

Состояние высоковольтных линий электропередачи (ВЛЭП), для электрораспределительного комплекса имеет ключевое значение, так как при нарушении их работы затрудняется подача электрической энергии от станций к конечным потребителям, что может привести к приостановке работы производств и предприятий. Поэтому важно четко и быстро осуществлять мониторинг состояния ВЛЭП и в случае нахождения различного рода проблем оперативно решать их, для предотвращения аварий и перебоев электропитания производств и предприятий.

Наиболее распространенной проблемой на ВЛЭП в осенний зимний период является образование гололедоизморозевые отложений, которое может привести к сближению проводов и тросов друг к другу на недопустимо близкое расстояние, их раскачке, что впоследствии может вызвать короткое замыкание, механической перегрузке проводов и даже разрушению опор, при обрыве проводов, из-за гололеда.

Для предотвращения таких проблем на высоковольтных линиях была разработана мобильная система плавки гололеда, в которую входит рассматриваемый датчик мониторинга состояния ВЛЭП.

Данный датчик способен считывать информацию об угле провиса провода, его температуре, температуре окружающей среды, токе, протекающем в проводе. По каналу беспроводной связи эти данные передаются диспетчеру, принимающему решение о предстоящей работе на линии. В состав датчика входит, пластиковый корпус, нижняя плата осуществляющая сбор и передачу данных о состоянии линии с внешних устройств, а также своеобразный трансформатор.

В качестве сердечника для него в предыдущем варианте выступали две половинки полого цилиндра (рис. 1), определенного внутреннего и внешнего диаметра. Однако из-за окисления контактов, и трудности установки на провод, было принято решение о поиске иной его реализации.

На помощь пришла лента из магнит мягкого аморфного металлического сплава (рис. 2) шириной 20 мм в бобине и общим весом в 3 кг. В ее состав ходит в процентном соотношении: Fe – 80 %, Si – 9 %, B – 11 %. Плюс данного сердечника заключается в возможности его монтажа и демонтажа на провод с помощью специализированного устройства, а также отсутствие больших зазоров между контактами.

Рис. 1. Датчик состояния ВЛЭП со старой моделью сердечника

Рис. 2. Сердечник из магнит мягкого аморфного металлического сплава

Таким образом, внедрение ленты из магнитомягкого аморфного металлического материала, взамен устаревшей модели сердечника, позволяет не допустить окисление контактов, а также при помощи различных доработок позволяет удобно и просто производить монтаж и демонтаж датчика на высоковольтные линии.

Источники

1. Методика мониторинга гололедных отложений на проводах Вл с учетом разрегулировки линейной арматуры / Д.А. Ярославский [и др.] // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19, № 5-6. С. 89–97.

2. Стороженко Д.Ю., Рыжов А.В. Совершенствование методики применения устройств встроенной диагностики контактной сети // Известия Транссиба. 2016. № 4 (28). С. 37–46.

3. Большанин Г.А., Плотников М.П., Шевченко М.А. Экспериментальное определение параметров трѐхпроводной ЛЭП // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2019. Т. 21, № 4. С. 85–94.

4. Ярославский Д.А., Садыков М.Ф. Разработка устройства для системы мониторинга и количественного контроля гололёдообразования на воздушных линиях электропередачи // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19, № 3-4. С. 69–79.

УДК 62-799

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ 3Д ПЕЧАТИ ДЛЯ СИСТЕМЫ МОБИЛЬНОЙ ПЛАВКИ ГОЛОЛЕДООБРАЗОВАНИЯ

Маслов Савелий Юрьевич[1], Хамидуллин Ильдар Ниязович[2],
Когеткова Азалия Адиповна[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]saveli@gmail.com, [2]ildar.ildar-xam2017@yandex.ru, [3]azalkakarimova.16@mail.ru

В данном тезисе рассматриваются, модернизация корпуса датчика мониторинга состояния линии, при помощи технологии 3д печати, а также плюс и минусы данного технологического решения.

Ключевые слова: мобильная система плавки гололедообразования, датчик, 3*D*-печать, корпус.

THE USE OF 3D PRINTING TECHNOLOGY FOR A MOBILE ICING MELTING SYSTEM

Maslov Saveliy Yurievich[1], Khamidullin Ildar Niyazovich[2],
Kogetkova Azaliya Adipovna[3]
[1,2,3]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]saveli@gmail.com, [2]ildar.ildar-xam2017@yandex.ru, [3]azalkakarimova.16@mail.ru

This thesis discusses the modernization of the sensor housing for monitoring the state of the line using 3D printing technology, as well as the pros and cons of this technological solution.

Keywords: mobile icing melting system, sensor, 3*D*-printing, case.

Эффективная работа предприятий и производств в современное время, на прямую зависит от своевременной подачи электрической энергии, которая передается по высоковольтным линиям электропередачи (ВЛЭП). Поэтому наиболее значимой проблемой для электрораспределительного комплекса является мониторинг состояния линий, для предотвращения возможных перебоев подачи электроэнергии и аварий.

Возможным решением в осенне-зимний период является система мобильной плавки гололеда, которая осуществляет быстрый, качественный анализ состояния и плавки льда, при отклонении значений от номинального, потому что это может привести к опасному сближению проводов, их обрыву, раскачиванию, разрушению опор.

В состав системы входит и специализированный датчик, способный собирать данные о токе, протекающем в проводе, его температуре, температуре окружающей среды, а также угле провиса. Старая версия представлена ниже (рис. 1).

Рис. 1. Датчик состояния ВЛЭП

Основным недостатком данной конструкции является ее корпус, достаточно габаритный, сложный в изготовлении, а также трудный в монтаже и демонтаже, что делает производство достаточно трудоемким.

Решением выступает, специально разработанный и напечатанный на 3*D*-принтере пластиковый корпус (рис/ 2). Несомненным плюсом данного технологического решения является простота изготовления, использование готовых моделей, цена, меньшие габариты и вес, а также возможность полу автоматизированного монтажа и демонтажа с линии. Недостатки: хрупкость, необходимость наличия 3*D*-принтера, длительность печати одного корпуса составляет 48 ч.

Рис. 2. Новая версия датчик состояния ВЛЭП

Таким образом, разработанное решение перекрывает большую часть спектра проблем, связанных с нахождением, монтажом и демонтажем датчика на ВЛЭП.

Источники

1. Методика мониторинга гололедных отложений на проводах Вл с учетом разрегулировки линейной арматуры / Д.А. Ярославский [и др.] // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19, № 5-6. С. 89–97.
2. Стороженко Д.Ю., Рыжов А.В. Совершенствование методики применения устройств встроенной диагностики контактной сети // Известия Транссиба. 2016. № 4 (28). С. 37–46.
3. Большанин Г.А., Плотников М.П., Шевченко М.А. Экспериментальное определение параметров трѐхпроводной ЛЭП // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2019. Т. 21, № 4. С. 85–94.
4. Ярославский Д.А., Садыков М.Ф. Разработка устройства для системы мониторинга и количественного контроля гололёдообразования на воздушных линиях электропередачи // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19, № 3-4. С. 69–79.

УДК 681.5.08

ОЦЕНКА ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОРИОЛИСОВЫХ РАСХОДОМЕРОВ

Шабалин Алексей Сергеевич
ВНИИР – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева», г. Казань
shabalin90@yandex.ru

Кориолисовые расходомеры благодаря явным преимуществам перед турбинными и объемными расходомерами находят все большее применение в разных отраслях промышленности. В связи с этим очень важно знать влияние факторов, возникающих в процессе эксплуатации на их метрологические характеристики. Представлен анализ факторов, влияющих на метрологические характеристики кориолисовых расходомеров.

Ключевые слова: кориолисовый расходомер, влияющие факторы, метрологические характеристики, фазовый сдвиг.

ASSESSMENT OF FACTORS AFFECTING THE METROLOGICAL CHARACTERISTICS OF CORIOLIS FLOWMETERS

Shabalina Alexey Sergeevich
VNIIR – Affiliated Branch of D.I. Mendeleyev Institute for Metrology, Kazan
shabalin90@yandex.ru

Coriolis flowmeters, due to their obvious advantages over turbine and volumetric flowmeters, are increasingly being used in various industries. In this regard, it is very important to know the influence of factors arising during operation on their metrological characteristics. The analysis of factors influencing metrological characteristics of coriolis flowmeters is presented.

Keywords: coriolis flowmeter, influencing factors, metrological characteristics, phase shift.

В последнее время кориолисовые расходомеры благодаря явным преимуществам прямого измерения массы и массового расхода с высокой точностью (кориолисовые расходомеры в зависимости от производителя обеспечивают прямое измерение массового расхода с заявленной относительной погрешностью до ±0,05 %) и отсутствия требований к прямым участкам при монтаже находят все большее применение в различных отраслях промышленности в качестве альтернативы турбинным и объемным расходомерам [1]. При этом не совсем понятно влияние многих факторов, возникающих в процессе эксплуатации на их метрологические характеристики. К таким факторам следует отнести

температуру, давление, вязкость измеряемой жидкости и режима течения, обусловленного числом Рейнольдса [2]. В то время как влияние этих факторов может быть определено непосредственно в условиях эксплуатации с применением трубопоршневой поверочной установки или компакт-прувера, это не всегда возможно осуществить из-за высокой стоимости данных установок. При этом температура, давление и свойства измеряемой жидкости, могут значительно отличаться от лабораторных условий. Понимание влияния данных факторов на метрологические характеристики кориолисовых расходомеров позволит учесть их в процессе эксплуатации.

Температура является важным параметром при измерении расхода, поэтому кориолисовые расходомеры имеют встроенное измерение температуры в режиме реального времени посредством измерения температуры трубок [3]. С увеличением температуры измеряемой жидкости изменяется эластичность расходомерных трубок кориолисового расходомера, что приводит к увеличению погрешности измерений массового расхода. В связи с этим в кориолисовых расходомерах имеется температурная коррекция для компенсации влияния температуры на материал расходомерных трубок. Однако достоверность данных температурных поправок не проверяется ни в процессе испытаний, ни в процессе поверки данных средств измерений.

Давление также является немаловажным параметром, так как с увеличением давления жидкости расходомерные трубки становятся жестче и фазовый сдвиг становится меньше, что приводит к увеличению погрешности измерений. В кориолисовом расходомере давление не измеряется, однако экспериментальные исследования показывают, что эффект влияния давления носит линейный характер и может быть скорректирован [4]. Также, как и поправки по температуре, коррекция по давлению не проверяется ни при испытаниях, ни в процессе поверки данных средств измерений.

Вязкость и режим течения. Кориолисовые расходомеры, в отличие от турбинных и объемных расходомеров, как предполагалось ранее нечувствительны к влиянию вязкости. В связи с этим поверка кориолисовых расходомеров проводится на воде, а использование на любой другой жидкости. С точки зрения влияния режима течения, также предполагалось, что любые неблагоприятные эффекты от изменений профиля скорости будут незначительными. В действительности в зависимости от режима течения силы вязкого трения демпфируют кориолисовую силу и вызывают

меньший фазовый сдвиг, что приводит к занижению показаний массового расхода и чем больше толщина пограничного слоя, тем значительнее эффект [5]. Отсутствие эталонов на различных жидкостях не позволяет всесторонне изучить данные эффекты.

Выводы. Кориолисовые расходомеры нельзя использовать в условиях эксплуатации, отличающихся от лабораторных условий без всесторонней оценки всех влияющих факторов. Кориолисовые расходомеры необходимо поверять и испытывать на температурах жидкости близких к рабочим температурам. При эксплуатации необходимо использовать динамическую коррекцию по давлению с применением датчика давления. В кориолисовых расходомерах должна присутствовать корректировка по числу Рейнольдса. Поверка кориолисовых расходомеров в лабораторных условиях с учетом поправок хоть и выглядит многообещающе на данный момент не может в полной мере компенсировать влияние всех факторов. Для этого необходимо совершенствовать эталонную базу в направлении увеличения диапазона температур, давлений и вязкостей применяемых поверочных жидкостей и проводить дополнительные дальнейшие экспериментальные исследования.

Источники

1. Лепявко А.П. Расходомеры и счетчики жидкости и газа. Поверка и калибровка: учеб. Пособие. М.: АСМС, 2005. 99 с.

2. Roger C. Baker. Flow measurement handbook: industrial designs, operating principles, performance, and applications. 2nd ed. Cambridge University Press, 2000. 745 p.

3. Metrological evaluation of several Coriolis mass flowmeters / F. Cascetta [et al.] // Transactions of the Institute of Measurement and Control. 1992. Vol. 14, Iss. 5. Pp. 254–264.

4. Wang T., and Y. Hussain. Pressure effects on Coriolis mass flowmeters // Flow Measurement and Instrumentation. 2010. Vol. 21, Iss. 4. Pp. 504–510.

5. Velocity profile effects in Coriolis mass flowmeters: Recent findings and open questions / J. Kutin [et al.] // Flow Measurement and Instrumentation, 2006. Vol. 17, Iss. 6. Pp. 349–358.

УДК 681.5.08

МОДЕЛИРОВАНИЕ УТЕЧЕК ЖИДКОСТИ В ТРУБОПОРШНЕВЫХ ПОВЕРОЧНЫХ УСТАНОВКАХ

Шабалина Ольга Константиновна
ВНИИР – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева», г. Казань
shabalina.vniir@mail.ru

Совершенствование метрологического обеспечения является одной из важнейших задач для нефтяной отрасли России. Для соблюдения этих условий необходимо обеспечить высокую точность трубопоршневых поверочных установок, с применением которых осуществляется поверка средств измерений расхода нефти и нефтепродуктов. Рассматривается моделирование утечек жидкости, которые могут повлиять на метрологические характеристики.

Ключевые слова: система измерений количества и показателей качества нефти и нефтепродуктов, трубопоршневая поверочная установка.

MODELING OF FLUID LEAKS IN PIPEWORK CALIBRATION INSTALLATIONS

Shabalina Olga Konstantinovna
VNIIR – Affiliated Branch of D.I. Mendeleyev Institute for Metrology, Kazan
shabalina.vniir@mail.ru

Improvement of metrological support is one of the most important tasks for the Russian oil industry. In order to comply with these conditions, it is necessary to ensure high accuracy of pipelined calibration units, with the use of which the verification of measuring instruments for the consumption of oil and petroleum products is carried out. Modeling of fluid leaks that may affect metrological characteristics is considered.

Keywords: measurement system of quantity and quality indicators of oil and petroleum products, pipe piston calibration unit.

Совершенствование метрологического обеспечения с целью эффективного использования энергоресурсов и энергосбережения является одной из важнейших задач для нефтяной отрасли России. В настоящее время измерение перекачиваемых по трубопроводам углеводородных жидкостей осуществляется с помощью систем измерений количества и показателей качества нефти и нефтепродуктов (СИКН). Пределы допускаемой относительной погрешности измерений массы брутто нефти и массы нефтепродуктов, установленные для СИКН, ± 0,25 % [1]. Для соблюдения этих условий ежегодно проводится поверка средств измерений (СИ) расхода, входящих в состав СИКН, с применением трубопоршневых поверочных установок (ТПУ) [2].

Принцип работы всех ТПУ основан на перемещении определенного объема жидкости, которое осуществляется благодаря использованию шарового поршня, перемещающегося по цилиндрическому калиброванному участку трубопровода, выполняющего функцию измерительной секции. Наиболее важной метрологической характеристикой ТПУ является вместимость и от того с какой точностью она получена будут зависеть метрологические характеристики поверяемых СИ расхода. Одно из основных условий для правильного определения вместимости ТПУ – контроль отсутствия протечек, который в настоящее время определяется практическим путем. По сложившейся практике определение вместимости осуществляют на одном расходе, не превышающем верхний предел измерений ТПУ, а контроль протечек заключается в определении вместимости на расходе, не превышающем 20 % от значения верхнего предела измерений ТПУ.

Многочисленные экспериментальные исследования по различным методикам для одной и той же ТПУ дают различные результат, в связи с чем авторы предприняли попытку количественной оценки утечек между шаровым поршнем и стенками трубопровода. Для этого было рассмотрено ламинарное течение жидкости в плоской щели между стенкой трубопровода и шаровым поршнем [3]. Рассмотрев некую элементарную частицу в потоке и силы, действующие на нее (рис. 1), предположив, что что верхняя стенка неподвижна, а нижняя стенка перемещается относительно верхней со скоростью V, полагая, что давление уменьшается вдоль щели между стенками по линейному закону, получим зависимость для количественной оценки $Q_{\text{пр}}$:

$$Q_{\text{пр}} = \left[\frac{\Delta p s^3}{12 \mu L} + \frac{\vartheta s}{2} \right] \pi D, \qquad (1)$$

где $Q_{\text{пр}}$ – расход жидкости через щель; Δp – разность давлений между входом и выходом; s – величина щели; μ – коэффициент динамической вязкости; L – длина щели; ϑ – скорость движения поршня; D – средний диаметр кольцевой щели.

Однако результаты в формуле (1) получены для концентричной кольцевой щели, в реальности же шаровый поршень занимает по отношению к трубе эксцентричное положение (рис. 2) [4]: a – величина

радиального зазора для положения, соответствующего углу φ; e – эксцентриситет; $\varepsilon = e/s$ – относительный эксцентриситет; $s = R - r$ – величина радиального зазора при концентричном расположении поршня и трубопровода; R и r – радиусы трубопровода и шара.

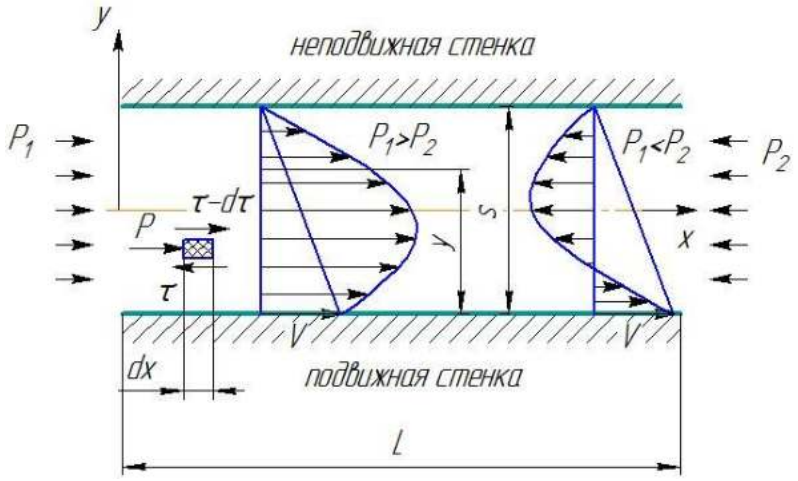
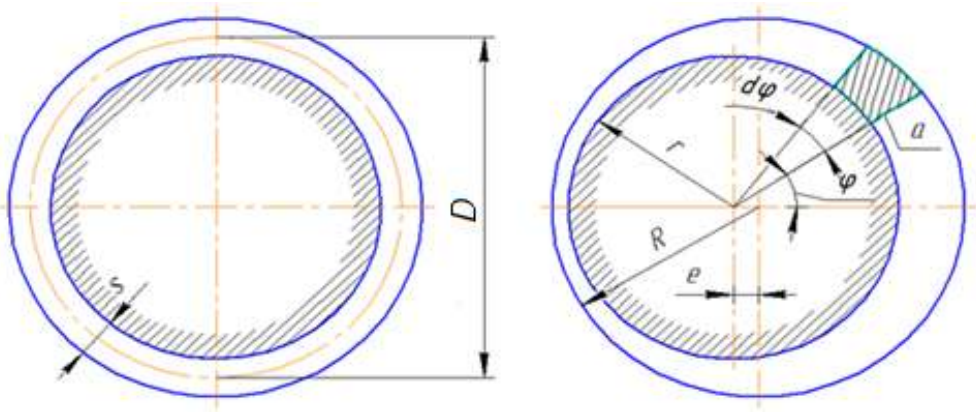


Рис. 1. Расчетная схема течения жидкости под давлением через плоскую щель (τ – напряжение сдвига, противодействующее силе, возникающей под действием перепада давления; $d\tau$ – бесконечно малая величина, на которую напряжение сдвига на верхней плоскости сдвига меньше, чем на нижней; dx – нижняя поверхность (плоскость), на которую действует напряжение сдвига)



а *б*

Рис. 2. Расчетные схемы течения жидкости:
а – кольцевая щель; *б* – эксцентричная щель

На основании расчетной схемы и полученных зависимостей для концентричной кольцевой щели была получена следующая зависимость расхода жидкости при максимальном значении эксцентриситета:

$$Q = \frac{2{,}5\Delta p s^3}{12\mu L}\pi D = 2{,}5Q_{\text{пр}}. \quad (2)$$

Выводы: Проблема определения вместимости ТПУ имеет огромное значение, ей уделены статьи многих авторов и связано это с тем, что ТПУ в соответствии с государственной поверочной схемой [5] играют роль эталонов 1-го и 2-го разряда, от которых осуществляется передача единицы объема и объемного расхода СИ расхода, входящих в состав СИКН, через которые осуществляется транспортировка нефти и нефтепродуктов. Дополнительные погрешности, возникающие от протечек в процессе поверки ТПУ, могут в дальнейшем привести к возникновению дисбаланса и потерям нефтяных компаний, в связи с этим изучение данного вопроса требует серьезного внимания со стороны специалистов.

Источники

1. Петров В.Н., Шабалина О.К., Шабалин А.С. Анализ существующих методов поверки ТПУ и способы повешения точности ТПУ // Приборы. 2019. № 4. С. 35–39.

2. Шабалина О.К., Шабалин А.С. Анализ существующих методов оценки утечек жидкости между шаровым поршнем в ТПУ и трубопроводом // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2019. № 2. С. 46–49.

3. Оценка влияния утечек жидкости на метрологические характеристики трубопоршневой установки / А.С. Шабалин [и др.] // Вестник технологического университета. 2018. Т. 21, № 5. С. 112-114.

4. Исследование метрологических характеристик трубопоршневой установки с учетом утечек жидкости между шаровым поршнем и трубопроводом / А.С. Шабалин [и др.] // Законодательная и прикладная метрология. 2018. № 5. С. 35–37.

5. Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерения массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости [Электронный ресурс]: Приказ от 26 сентября 2022 г. № 2356. URL: https://docs.cntd.ru/document/351933636 (дата обращения: 21.10.2022).

Направление 6. СВЕТОТЕХНИКА

УДК 621.313

СВЕТИЛЬНИК СОВМЕЩЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Ахмадуллин Динар Ильгизович[1], Шириев Равиль Рафисович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]bin@mail.ru, [2]fio@mail.ru

В работе предложена имитационная модель светодиодного светильника для полого световода.

Ключевые слова: световод, светодиодный светильник, диммер, энергосбережение.

LAMP OF COMBINED LIGHTING

Akhmadullin Dinar Ilgizovich[1], Shiriev Ravil Rafisovich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]bin@mail.ru, [2]fio@mail.ru

The paper proposes a simulation model of an LED lamp for a hollow light guide.

Keywords: light guide, LED lamp, dimmer, energy saving.

Во всех помещениях, вне зависимости к какой области жизнедеятельности оно относится, необходима организация освещения. Если смотреть на израсходованную на освещение электроэнергию в отдельно взятых случаях, она может показаться не существенным, но в абсолютных цифрах является достаточно значительным. По этой причине является важным рациональное совмещение естественного и искусственного освещения.

Использование окон позволяет сэкономить на электроэнергии затрачиваемой для освещения, но из-за окон, в зимнее время происходит потеря тепла, а летом черезмерный нагрев помещения. Сэкономить деньги не получится из-за затрат на отопление и кондиционирование.

Можно использовать зенитные фонари и окна верхнего света, но у них ниже эффективность по сравнению с перераспределяющими системами света. Вследствии этого, получается выгодным перенаправление солнечного света с применением полых световодов.

Использование полых световодов позволяет намного сократить расходы, затрачиваемые на освещение помещений, но их эффективность напрямую зависит от времени года, времени суток и состояния погоды. Если в светлое время суток помещение можно освещать полым световодом, то в тёмное время придется пользоваться источниками искусственного освещения. Организовать освещение можно расположив светильники искусственного света отдельно, а световоды отдельно, также можно совместить их в одном устройстве.

Полые световоды обеспечивают помещения светом только в светлое время суток. В темное время необходимо использовать искусственное освещение. Для совмещенного освещения световодами и светильниками искусственного света можно устанавливать системы не зависимо друг от друга. При такой установке в помещении будет много установок, но это позволяет обслуживать их в не зависимости друг от друга, как показано на рисунке.

Совмещенное освещение

Установка большого количества светильников может быть не желательно в помещениях с маленькой площадью, из-за эстетического вида. При таких случаях можно использовать решение гибридного освещения. Световод искусственного освещения совмещают с искусственным источником света в одной установке.

В работе предлагается идея создания установки полого световода с установленным в рассеивающем диффузоре источника искусственного света. Это позволит создать компактное осветительное устройство естественного и искусственного света.

Саму основу системы естественного освещения можно оставить не изменной, то есть система сбора света и метод его транспортировки будет такой же как и у обычных световодов. Солнечные лучи будут собираться куполом и через зеркальную трубу передаваться в помещение, а в помещении вместо обычного рассеивателя нужно установить оборудование, которое будет само создавать освещение и не препятствовать прохождению солнечного света. Одновременно это оборудование может выполнить роль электрического светильника и рассеивающего диффузора, для равномерного распределения света по всему помещению.

Установка будет состоят из двух частей – трубы световода и диффузора. Диффузор должен быть выполнен таким образом, чтобы внутри него помещался источник искусственного света. Для удобства проектирования и сборки установки, в качестве рассеивающего диффузора будет использоваться готовый плафон для искусственных источников.

Для того чтобы искусственный источник не препятствовал проходу солнечных лучей его необходимо установить по контуру снаружи световода. Диффузор светильника должен быть больше по диаметру, чем труба полого световода. В качестве электрического источника света применим светодиодные линейки. Они экономичны и имеют компактные размеры. Алюминиевая подложка позволяет улучшить отвод тепла от светдиодов.

Источники

1. Соловьев А.К. Полые трубчатые световоды: их применение для естественного освещения зданий и экономия энергии // Светотехника. 2011. № 5. С. 41–47.

2. Выявление ключевых аспектов системы совмещенного освещения с позиции соответствия концепции квази-естественного освещения / Ю.Л. Беккер // Естественные и технические науки. 2015. № 5 (83). С. 149–151.

3. Айдарханов А.А., Терех М.Д. Варианты организации естественного и совмещенного освещения в высотных административных зданиях с целью снижения эксплуатационной стоимости // Неделя науки ИСИ: сб. матер. Всерос. конф. 2022. Ч. 1. С. 185–188.

УДК 628.9:621.382.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОПТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ СВЕТОДИОДНОЙ ЛАМПЫ-РЕТРОФИТА НА ЕЕ СВЕТОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Ашрятов Альберт Аббясович
НИ МГУ им. Н. П. Огарева, г. Саранск
ashryatov@rambler.ru

В статье приводятся результаты исследования светотехнических параметров светодиодной лампы-ретрофита для прямой замены лампы накаливания. Разработчики светодиодных ламп для приближения их кривой силы света (КСС) к КСС заменяемой традиционной лампы вводят в оптическую систему светодиодной лампы различные дополнительные оптические элементы. Исследования показали, что эффективность оптической системы светодиодной лампы уменьшается при введении в лампу дополнительных оптических элементов.

Ключевые слова: светодиоды, светодиодные лампы-ретрофиты, оптическая система лампы, кривая силы света.

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF OPTICAL ELEMENTS OF A RETROFIT LED LAMP ON ITS LIGHT PARAMETERS

Ashryatov Albert Abbyasovich
National Research Mordovia State University, Saransk
ashryatov@rambler.ru

The article presents the results of a study of the lighting parameters of a retrofit LED lamp for direct replacement of an incandescent lamp. The developers of LED lamps, in order to approximate their luminous intensity curve (LIC) to the LIC of a replaced traditional lamp, introduce various additional optical elements into the optical system of the LED lamp. Studies have shown that the efficiency of the optical system of an LED lamp decreases when additional optical elements are introduced into the lamp.

Keywords: LEDs, retrofit LED lamps, lamp optical system, luminous intensity curve.

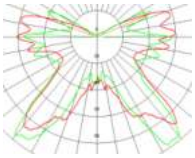
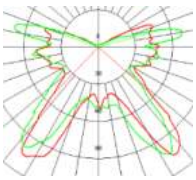
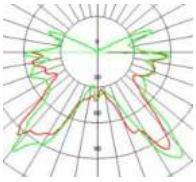
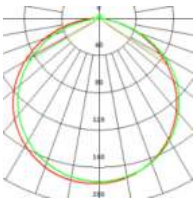
В настоящее время номенклатура светодиодных (СД) ламп-ретрофитов постоянно расширяется. Это связано с тем, что СД аналоги традиционных ламп должны не только генерировать такой же световой поток как и заменяемая традиционная лампа, но и иметь, в идеале, такое же светораспределение светового потока в пространстве. Это является достаточно сложной задачей, которую производители СД ламп-ретрофитов решают путем введения в конструкцию оптической системы лампы различных оптических элементов. Следует иметь ввиду, что эффективность оптической системы может быть от 50 до 95 % [1], при этом каждый

дополнительный оптический элемент в конструкции лампы приводит к дополнительным потерям светового потока лампы [2]. В связи с этим, разработчикам СД ламп целесообразно иметь представление о степени воздействия тех или иных оптических элементов на параметры разрабатываемой лампы.

В данной статье приводятся результаты исследования влияния оптических элементов на световые параметры СД лампы-ретрофита типа LED-smd-B35-7W-827-E14-Clear. Исследование светотехнических параметров проводилось на гониофотометре GO-2000A [3]. Результаты исследований приведены в таблице, где в первом столбце приведен номер эксперимента, во втором – общий вид исследуемого образца, в третьем – кривая силы света объекта исследования, в четвертом и пятом столбцах приводятся величины генерируемого светового потока и световой отдачи, соответственно, исследуемого объекта, а в шестом – уровень снижения светового потока (в процентах) при воздействии оптических элементов на световой поток, генерируемый СД исследуемой лампы (эксперимент № 4).

Таблица

Результаты исследования светодиодной лампы-ретрофита

№ п/п	Общий вид	КСС	Световой поток		Световая отдача, лм/Вт
			лм	%	
1			464,1	87	85,86
2			470,8	88	87,54
3			489,1	92	90,54
4			532,4	100	98,79

Несколько слов об исследуемой лампе. Согласно информации приведенной на корпусе лампы, выполняющей функции охлаждающего радиатора, она должна потреблять 7 Вт и генерировать 600 лм. В этом случае ее световая отдача будет составлять 85,7 лм/Вт. Из эксперимента № 1 (см. таблицу) следует, что лампа имеет практически заявленную световую отдачу – 85,86 лм/Вт, однако потребляет 5,4 Вт и генерирует световой поток 464 лм. О причинах такого расхождения данных говорить не будем, т.к. это не является целью исследований.

Эксперимент № 2 проводился после удаления прозрачного пластмассового рассеивателя. Эксперимент № 3 проводился после удаления диффузно рассеивающего кольца, который закрывает печатную плату со светодиодами и элементы крепления световода. Эксперимент № 4 проводился после удаления световода, соответственно измерялся световой поток светодиодов, которые имели косинусный тип КСС (столбец №3).

Из таблицы следует, что наибольшее снижение светового потока генерируемого СД (–8 %) происходит при установке световода, который радикально изменяет КСС лампы. При установке диффузно рассеивающего кольца световой поток снижается ещё на 4 %, так как данный элемент существенно поглощает ту часть светового потока СД который не попал в световод. Прозрачный пластмассовый рассеиватель снижает световой поток лампы на 1 % за счет френелевских потерь и многократных отражениях лучей светового потока при падении на внутреннюю поверхность прозрачного рассеивателя под углом большим критического [4].

Источники

1. О светодиодных лампах прямой замены / С. И. Лишик [и др.] // Светотехника. 2010. № 1. С. 48–54.

2. Новосельский В. Г., Тукшаитов Р. Х. Оценка эксплуатационных характеристик светотехнических систем на основе светодиодов // Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники: матер. II Всерос. науч.-практ. конф.: в 2 т. / редкол.: Э.Ю. Абдуллазянов (гл. редактор) [и др.]. 2020. Т. 2. С. 263–268.

3. Центр коллективного пользования научным оборудованием «Светотехническая метрология» [Электронный ресурс]. URL: https://old.mrsu.ru/ru/sci/labs.php?ELEMENT_ID=57865 (дата обращения: 25.10.2022).

4. Шуберт Ф. Светодиоды / пер. с англ. под ред. А.Э. Юновича. 2-е изд. М.: Физматлит, 2008. 496 с.

УДК 628.94:629.45

АВАРИЙНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ. ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО АВАРИЙНОГО СВЕТИЛЬНИКА ДЛЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Баюшкина Ирина Александровна[1], Горбунов Алексей Алексеевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва», г. Саранск
[1]irina2309999@yandex.ru, [2]alexdsmail@mail.ru

В данной работе рассматривается аварийное освещение, а также особенности, технические характеристики светильника, предназначенного для аварийного освещения общественных помещений.

Ключевые слова: аварийное освещение, светильник, технические характеристики, эвакуационное освещение, резервное освещение, источник света.

EMERGENCY LIGHTING. STUDY OF THE CHARACTERISTICS OF A LUMINESCENT EMERGENCY LIGHT FOR PUBLIC AREAS

Bayushkina Irina Alexandrovna[1], Gorbunov Alexey Alekseevich[2]
[1,2]National Research Mordovia State University, Saransk
[1]irina2309999@yandex.ru, [2]alexdsmail@mail.ru

This paper discusses emergency lighting, as well as features, technical characteristics of a luminaire designed for emergency lighting of public spaces.

Keywords: emergency lighting, lamp, specifications, emergency lighting, emergency lighting, light source.

В любом помещении, здании или постройке помимо основного освещения, необходимого для эффективной работы, устанавливается вспомогательный тип, регулировка и функционирование которого осуществляется с помощью технических, законодательных и санитарных норм и требований. К приоритетным направлениям развития техники в Российской Федерации относится, в частности, безопасность персонала на рабочих местах [3]. Аварийное освещение необходимо для обеспечения условий освещения для продолжения работы в помещениях и на открытом пространстве в случаях, когда отсутствие искусственного освещения может вызвать тяжелые последствия для людей, производственных процессов, нарушить нормальное функционирование жизненных центров предприятия и узлов обслуживания массовых потребителей [5].

Светильники, используемые для аварийного эвакуационного освещения, должны отвечать требованиям ГОСТ IEC 60598-2-22-2012 [1] (подтверждается в общем случае декларацией соответствия или сертификатом соответствия).

Аварийное освещение разделяется на эвакуационное освещение и резервное освещение (рис. 1) [2].

Рис. 1. Классификация аварийного освещения (СП 52.13330.2016)

По СП 52.13330.2016 [2] для аварийных светильников можно использовать определенные источники света. При выборе исходить следует из особенностей здания, типа питания и т.д. Основные источники света, применяемые в данном типе светильника: светодиоды, люминесцентные лампы, газоразрядные лампы, лампы накаливания.

По типу электропитания светильники делятся на оборудованные с блоком аварийного питания (БАП) и без него (ГОСТ IEC 60598-2-22-2012 п. 22.3.8) [1]:

– постоянного действия (всегда включены одновременно со светильниками рабочего освещения);

– непостоянного действия (включаются только в случае пропадания напряжения в сети рабочего освещения, вызванного отключением одного из вводов в здание, короткими замыканиями или иными неисправностями) [4].

В качестве и исследуемого образца был выбран аварийный люминесцентный аккумуляторный светильник ЛБА3923. Выбор данного светильника для исследования был определен его ценовым сегментом,

так как его стоимость – средняя стоимость светильника для аварийного освещения с использованием светодиодов в качестве источника света. Люминесцентные лампы данного осветительного прибора имеют режим автоматического включения при отключении сетевого рабочего напряжения 230 В АС. Аварийный светильник ЛБА 3923 2×8 Вт предназначен для накладного типа монтажа на потолок или стену, для крепления которого используются монтажные отверстия, расположенные на задней стороне корпуса. ЛБА 3923 2×8 Вт имеет возможность установки на нормально воспламеняющиеся поверхности.

Аварийный светильник ЛБА 3923 2×8 Вт представлен в вытянутом корпусе из АБС-пластика с прозрачным рассеивателем из поликарбоната. В качестве источника света используются две люминесцентные лампы серии Т5. Номинальная мощность ламп 2×8W (G5). Цветовая температура – 6400 К. Световой поток – 600 лм. Аварийный светильник ЛБА 3923 с непостоянным режимом действия позволяет использовать несколько режимов автономной работы – включение двух или одной лампы. В светильнике ЛБА 3923 А с постоянным режимом действия в автономном режиме всегда работают две лампы. Выход в автономный режим осуществляется вручную или автоматически при пропадании подачи сетевого рабочего напряжения 230 В АС. Работа в автономном режиме осуществляется от герметичного свинцово-кислотного перезаряжаемого аккумулятора. Время работы в аварином режиме зависит от режима включения ламп.

Исследование световых характеристик экспериментального образца представлены на рис. 2.

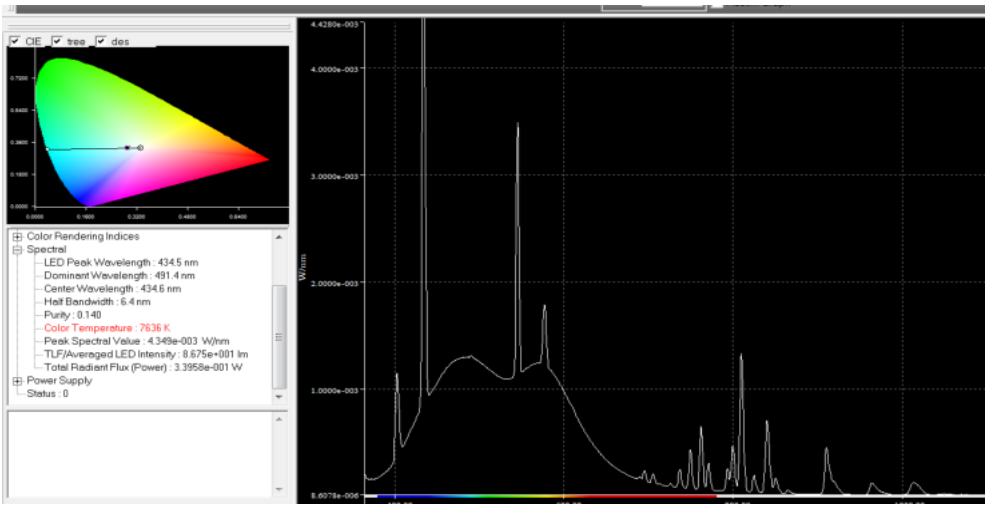


Рис. 2. Световые характеристики экспериментального аварийного светильника

Анализируя результаты проведенного исследования, можно прийти к выводу, что характеристики аварийного люминесцентного светильника уступают характеристикам среднестатистического аварийного светильника со светодиодами.

Проведенные мною анализ и исследование экспериментального образца станут основой для выполнения научных исследований в рамках магистерской диссертации по разработке и исследовании характеристик светодиодного светильника для аварийного освещения в общественных помещениях.

Источники

1. Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники и перечня критических технологий Российской Федерации [Электронный ресурс]: Указ Президента Рос. Федерации от 7 июля 2011 г. № 899. Доступ из справ.-правовой системы «Гарант» (дата обращения: 18.10.2022).

2. Белоусова Е.Г. Охрана труда [Электронный ресурс]: метод. указания к выполнению лабораторных работ. Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2021. 40 с. URL: https://siurgtu.ru/sveden/files/MU_Oxrana_truda.pdf (дата обращения: 19.10.2022).

3. ГОСТ IEC 60598-2-22-2012. Светильники. Часть 2-22. Частные требования. Светильники для аварийного освещения [Электронный ресурс]. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200097788 (дата обращения: 19.10.2022).

4. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение. [Электронный ресурс]. URL: https://docs.cntd.ru/document/456054197 (дата обращения: 19.10.2022).

5. Кашкаров А. Современные осветительные приборы: выбор, подключение, безопасность. М.: ДМК Пресс, 2017. 97 с.

УДК 338.518:628.98

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ ЦЕНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ ОСВЕТИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА

Васина Анжелина Юрьевна[1], Тукшаитов Рафаил Хасьянович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]anzhyan@yandex.ru

В работе проведен сравнительный анализ удельной цены светодиодных осветительных приборов ведущих отечественных фирм-производителей на основе изучения характеристик распределения удельной цены от потребляемой мощности. Выявлена небольшая зависимость удельной цены светодиодных приборов от потребляемой мощности, котjрая составляет порядка 150 руб./Вт.

Ключевые слова: эффективный диапазон светоотдачи, светодиодное оборудование, оценка качества, потребление мощности, удельная цена, светодиодный светильник.

STUDY OF THE DISTRIBUTION OF THE UNIT PRICE DEPENDING ON THE POWER CONSUMPTION OF THE LIGHTING FIXTURE

Vasina Anzhelina Yurievna[1], Tukshaitov Rafail Khasyanovich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]anzhyan@yandex.ru

In this article a comparative analysis of the unit price of LED lighting devices of the leading domestic manufacturers based on the study of the characteristics of the distribution of the unit price of the power consumption. It revealed a slight dependence of the unit price of LED devices on the power consumption.

Keywords: effective light output range, LED equipment, quality assessment, power consumption, unit price, LED luminaire.

Современные фирмы-производители светодиодного оборудования добились за последние несколько лет значительных результатов в обеспечении ассортимента с эффективным диапазоном светоотдачи, критериальное значение которого находилось в пределах 120–180 лм/Вт [1]. Однако перед покупателем на этапе выбора светильника важной задачей остается выбор светодиодного светильника (СДС) не только с высокой светоотдачей, но невысокой цены [3].

Существуют различные методики оценки качества осветительных приборов, основывающиеся на значении величины светового потока, энергоэффективности, срока службы и других.

В работе, в качестве одного из показателей для оценки качества осветительных приборов, взята зависимость цены (руб/Вт) $\gamma_{\text{цена}}$ от мощности СДС [4]. На рис. 1 и 2 приведены соответствующие графики для пяти наиболее известных отечественных фирм: Комлед, Ферекс, Barrus Group, Newled светотроника и Geliomaster.

Выборка и обработка данных. При исследовании рассматривалось от 1 до 10 приборов в каждом подвиде в зависимости от их совокупного количества, относящихся к одному виду (уличный, промышленный). В случае, если подвид содержал в себе от 1 до 3 светильников, то в рассмотрение был взят один прибор, если от 4 до 6 штук, рассматривалось два прибора и т.д. Данная методика позволяет более точно определить, на каких типах СДС специализируется фирма-производитель. На основании значений светового потока, мощности и стоимости светильников были рассчитаны показатели светоотдачи (лм/Вт) и цены за один ватт потребляемой мощности (руб./Вт).

В результате проведенного исследования установлено, что у четырех фирм из пяти значения $\gamma_{\text{цена}}$ находится в пределах от 420 до 2 985 руб/Вт при средней стоимости одного ватта мощности СДС 143 руб./Вт (без учета единичных значений с большим отклонением). Графически характер зависимости $\gamma_{\text{цена}}$ от мощности СДС у фирм Barrus Group, Newled и Комлед, представлены на рис. 1.

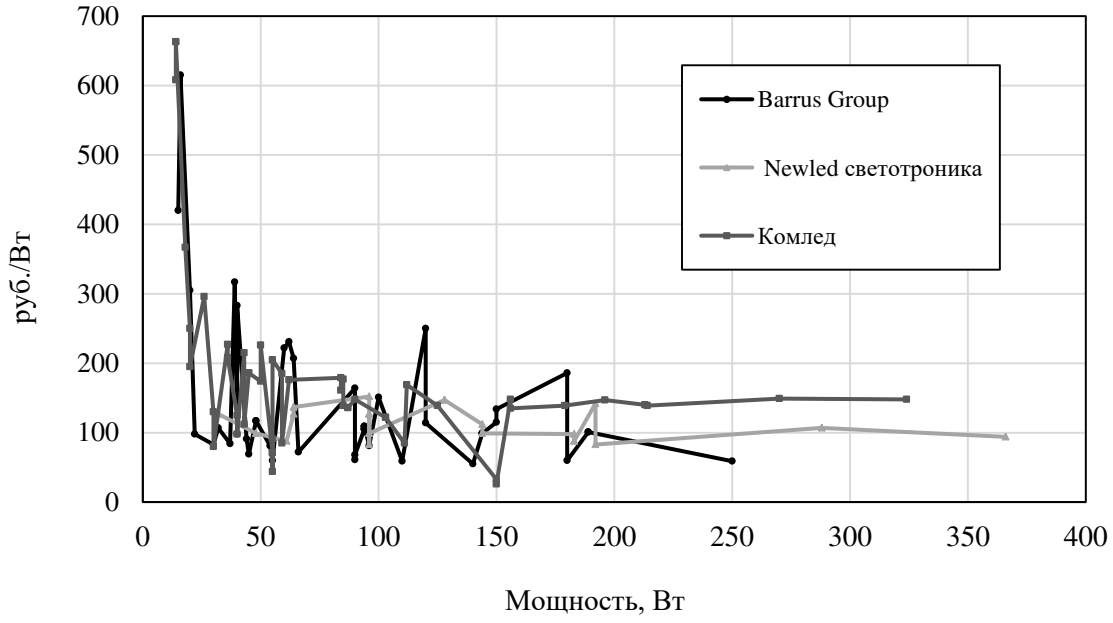


Рис. 1. Зависимость удельной цены от потребляемой мощности у СДС различных фирм

Как следует из рис.1, в целом удельная цена СДС в пределах от 20 до 370 Вт остается на одном уровне. У отдельных СДС удельная цена отличается на ± 50%. При мощности менее 20 Вт $\gamma_{\text{цена}}$ в целом возрастает в 3...7 раз. У фирмы Ферекс удельная цена светильника FSP-01-20-850-WA достигает 3 000 руб./Вт (рис. 2), что в 21 раз превышает среднее значение других фирм.

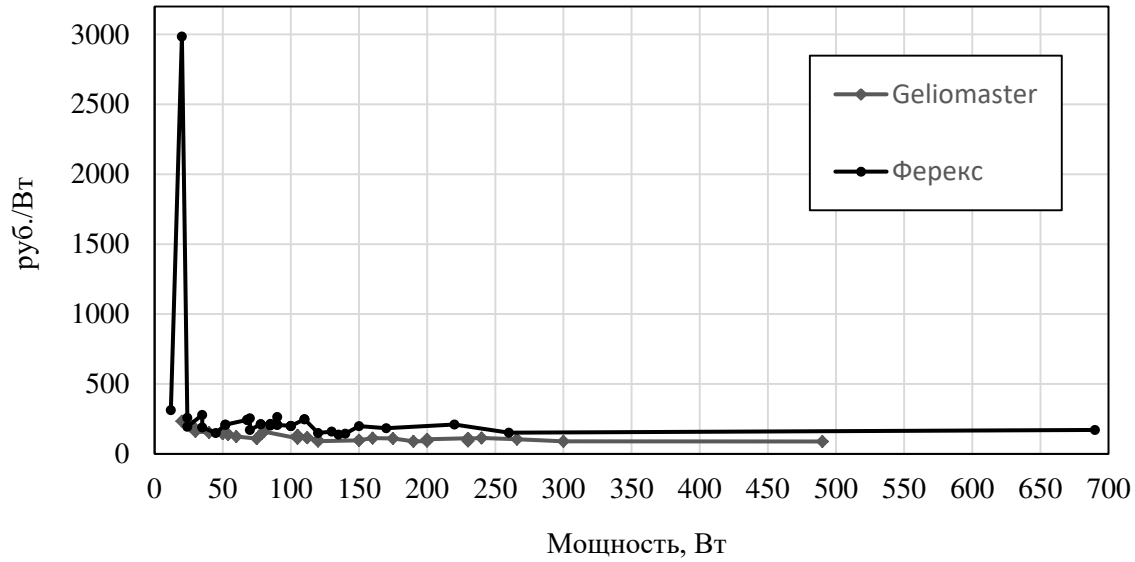


Рис. 2. Зависимость удельной цены от потребляемой мощности СДС двух фирм

При исследовании характеристик моделей СДС со значениями мощности менее 20 Вт у фирм Barrus Group и Комлед зависимость удельной цены от количества светодиодов, светоотдачи и массы светильников не обнаружена. Значительное завышение удельной цены у маломощного светильника фирмы Ферекс очевидно обусловлено большими габаритами (850×300×4 550 мм) и соответственно значительной массой (41,5 кг) и тем, что светильник реализуется вмонтированным непосредственно в конструкцию фонарного столба.

Предельная мощность у некоторых СДС составляет 500...700 Вт, однако их количество не превышает трех штук. Примечательно то, что у фирмы Newled светотроника все точки лежат лишь в пределе от 80 до 150 руб./Вт.

СДС фирм Комлед имеет практически ту же стоимость, что у выше-рассмотренных приборов, в то же время она у СДС фирмы Ферекс имеет в 1,5 раже большую (205 руб./Вт). Удельные цены от 420 до 2 985 руб./Вт статистически были отнесены к промахам и не учитывались при опре-делении среднего значения.

Таким образом, установлено, что среднее значение удельной цены СДС не зависит в целом от их потребляемой мощности и в некоторой степени определяется фирмой-разработчиком.

Источники

1. Тукшаитов Р. Х., Васина А. Ю. Разработка показателей качества осветительных приборов на основе гистограммы светоотдачи для характеристики бренда фирм // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. V Национ. науч.-практ. конф. Казань, 2019. Т. 1. С. 481–484.

2. Тукшаитов, Р. Х., Васина А.Ю. Сравнительная оценка бренда ряда отечественных фирм по уровню светоотдачи номенклатуры их светодиодных светильников // Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники: матер. I Всерос. науч.-практ. конф. Казань, 2020. С. 294–296.

3. Экспресс-оценка офисных светодиодных светильников по их технико-экономическому показателю / Р.Х. Тукшаитов [и др.] // Энергетика Татарстана. 2014. № 2 (34). С. 72–75.

4. Тукшаитов Р.Х., Абдуллазянов Э.Ю., Исыхакэфу А. Методика оценки технико-экономической эффективности промышленных светодиодных светильников // Современная светотехника. 2014. № 1. С. 58–60.

5. Тукшаитов Р.Х. Алгоритмы предварительной оценки качества светодиодных светильников на этапе их приобретения // Энергетика Татарстана. 2014. № 1 (33). С. 48–50.

УДК 534.324

ПРИНЦИП РАБОТЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО СВЕТОМУЗЫКАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА

Востриков Денис Юрьевич[1], Лепешкин Николай Сергеевич[2],
Сандаков Виталий Дмитриевич[3]
[1,2,3] ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]denisesenina@yandex.ru, [2]loshkin60@mail.ru, [3]vitalysandakov@gmail.ru

В статье рассказан принцип работы автоматического светомузыкального устройства на базе микроконтроллера Arduino с помощью быстрого преобразования Фурье, представляющая собой алгоритм, преобразовывающий периодические колебания в несколько простых гармонических, что позволяет выделить звук на частоты.

Ключевые слова: преобразование Фурье, Arduino, звук, светомузыка, алгоритм.

THE PRINCIPLE OF OPERATION OF AN AUTOMATIC LIGHT MUSIC DEVICE

Vostrikov Denis Yurievich[1], Lepeshkin Nikolai Sergeevich[2],
Sandakov Vitaliy Dmitrievich[3]
[1,2,3]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]denisesenina@yandex.ru, [2]loshkin60@mail.ru, [3]vitalysandakov@gmail.ru

The article describes the principle of operation of an automatic light and music device based on the Arduino microcontroller using the fast Fourier transform, which is an algorithm that converts periodic oscillations into several simple harmonic ones, which allows you to separate the sound into frequencies.

Keywords: Fourier transform, Arduino, sound, light music, algorithm.

В современное время в крупных городах, таких как Казань, проходит множество мероприятий, имеющих музыкальное сопровождение. Для развития данного направления мы спроектировали устройство светомузыкального представления. В основу данного проекта мы взяли электронный конструктор – Arduino, с помощью которого можно управлять режимами подсветки, интенсивностью и яркостью светодиодной ленты в зависимости от частоты и мощности звука.

Измерение частоты принимаемого сигнала является достаточно сложной задачей для платы Arduino вследствие ее ограниченной вычислительной мощности [4]. Для этого используются методы анализа перехода сигнала через ноль, то есть измеряется количество переходов сигналов через ноль за определенное время, но эти методы не работают, когда анализируемый сигнал является комбинацией нескольких частот [2].

Поэтому главной особенностью данного проекта является принцип преобразования звука с помощью быстрого преобразования Фурье (БПФ) [3].

Выходной сигнал для управления светодиодной лентой формируется алгоритмом, который включает в себя БПФ.

Сложное периодическое колебание преобразовывается в несколько простых гармоник, что позволяет разделить звуковую дорожку на частоты. Устройство, работающее по вышеизложенному принципу, называется анализатором спектра звуковой частоты. Полученный спектр можно редактировать: убрать одну или несколько частот, например, низкие частоты шума [1]. Такое часто встречается в криминалистике, различных экспертизах и т.д.

Данный алгоритм позволяет разложить исходный сигнал на гармонические составляющие, что потребуется для выделения шумов, низкий, средних и высоких частот [5].

Разложенный аудиосигнал разбивается на 2 группы:

1) частота (англ. *frequency*) – это скорость, с которой что-то повторяется: от 10 до 200 Гц – низкие частоты, от 200 Гц до 5 кГц – средние частоты, а от 5 кГц – высокие частоты;

2) мощность (англ. *power*) – в данном случае просто мощность сигнала для каждой частоты.

Эти данные микроконтроллер Arduino преобразует в управляющий сигнал для светодиодной ленты в зависимости от режима работы.

Источники

1. Тимергазин Д.И. Система мониторинга для оценки состояния пчелиных семей с акустическим датчиком. Челябинск: ЮУрГУ, 2018. С. 23–26.

2. Быстрое преобразование Фурье (FFT) на Arduino с высокой скоростью [Электронный ресурс]. URL: https://microkontroller.ru/arduino-projects/bystroe-preobrazovanie-fure-fft-na-arduino-s-vysokoj-skorostyu/ (дата обращения: 08.11.22).

3. Кузяков О.Н. Проектирование систем на микропроцессорах и микроконтроллерах : учебное пособие. Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. 104 с.

4. Григорьев Е.К., Ненашев В.А., Сергеев А.М. Разработка систем анализа и обработки информации на базе Arduino : учеб.-метод. пособие СПб.: ГУАП, 2022. 63 с.

5. Фарфоровская Ю.Б., Рабкин Е.Л. Математика. Дискретное преобразование Фурье и быстрое преобразование Фурье : метод. указания. СПб.: СПбГУТ им. М.А. Бонч-Бруевича, 2013. 31 с.

УДК 621.317.799

СРАВНЕНИЕ ПОКАЗАНИЙ ДВУХ ИК-ТЕРМОМЕТРОВ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ СВЕТОДИОДНЫХ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Гатупов Ленар Ирекович[1], Тукшаитов Рафаил Хасьянович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
lenar.gatupov@mail.ru

В работе приведены результаты показаний температур металлических пластин разных металлов с помощью двух типов ИК-термометров **с** функцией регулировки коэффициента излучения и без нее. Показано, что при установке регулятора коэффициента излучения на 0,1 погрешность определения температуры разных металлов уменьшается с 60 до 2...8 %. Рассмотрены факторы, влияющие на погрешность измерительных приборов.

Ключевые слова: ИК-термометр, термометрия, коэффициент излучения, металлическая пластина, погрешность измерения, температура.

COMPARISON OF THE READINGS OF TWO IR THERMOMETERS WHEN MEASURING THE TEMPERATURE OF METAL ELEMENTS OF LED LIGHTING DEVICES

Gatupov Lenar Irekovich[1], Tukshaitov Rafail Khasyanovich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
lenar.gatupov@mail.ru

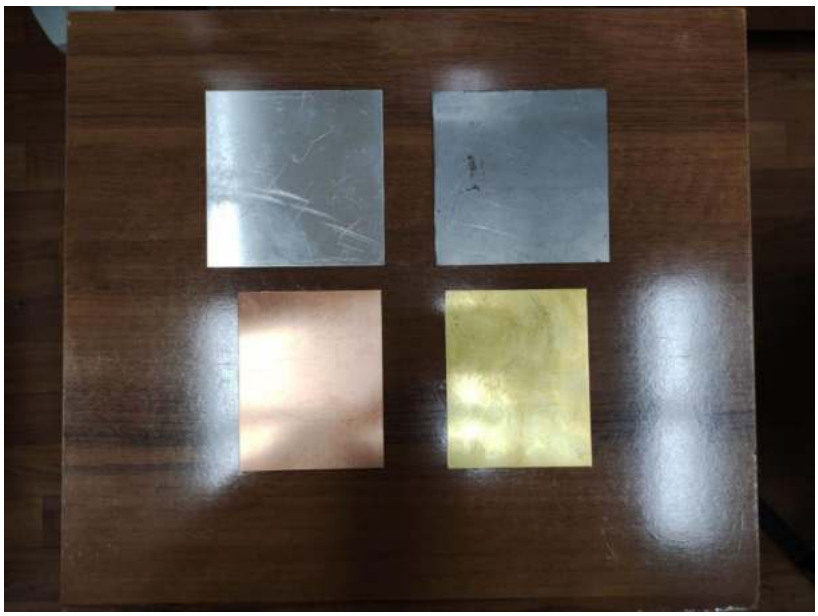
The paper presents the results of temperature readings of metallic materials using two types of pyrometers. A pyrometer was compared with emissivity adjustment functions with a non-adjustable pyrometer. The factors influencing the error of measuring instruments are considered.

Keywords: non-contact thermometer, pyrometer, emissivity, measurement error, thermometry, temperature, object.

Температура – наиболее широко используемый критерий для диагностики функционирования двигателей, котлов, подшипников, электрических систем и всех типов оборудования. Если при проверке электрических контакторов, контроля силового оборудования, систем вентиляции, силовых трансформаторов, токоведущих шин, обнаруживается, что температура контролируемого объекта слишком высока по сравнению с нормальным режимом работы, то это служит предупреждением о возможности возникновения аварийной ситуации. С этой целью и применяются контактные и бесконтактные термометры [1].

Метод бесконтактной термометрии находит широкое применение при проведении исследовательских работ в энергетике, в том числе при контроле систем освещения [2, 3]. Для этих целей широко применяемые ИК-термометры в научной литературе именуются также пирометрами [4]. Теоретическим его основам посвящен ряд монографий [5, 6], а методическим и метрологическим вопросам – публикации [7, 8], направленные на совершенствование практической ИК-термометрии. В силу разного излучательной способности металлов медицинские ИК-термометры типа GM-300. Если при измерении неметаллических материалов коэффициент излучения не превышает 0,90, то при измерении металлических объектов коэффициент излучения в основном приближается к 0,10.

Методика эксперимента и результаты. В эксперименте проводились сравнение двух ИК-термометр SMART SENSOR ST 490+ и GM-300. Прибор SMART SENSOR ST 490+ имеет функцию корректировки коэффициент излучения, которая необходима при измерение металлических материалов. Контрольным прибором служил контактный термоэлектрическими термометр AZ8803. Измерения проводились при комнатной температуре 23±1 °C на расстоянии порядка 60 см и перпендикулярно по отношению к объекту измерения. В качестве объектов измерения использовались 4 идентичные по площади и толщине металлические ряда металлов: медь, алюминий, латунь, сталь (см. рисунок). Площадь их поверхности была 100×100 мм, толщина в 1 мм.



Четыре разных металла, размеченных на поверхности электроплитки металлических пластин

Для уменьшения методической погрешности температура каждого образца измерялась трижды путем чередования типа металла и далее результаты измерений усреднялись. Для нагрева пластины клали на поверхность электплитки, тепература которого регулировалась путем некоторого повышения напряжения ее питания с помощью ЛАТР.

Результаты измерений. Результаты измерения температуры поверхности металлов приведено в таблице. Из нее следует, что при использовании ИК-термометра SMART SENSOR ST 490+, имеющий функцию корректировки коэффициента излучения, результат измерения существенно ближе к температере поверхности плитки. Путем поэтапного уменьшения поправочного коэффициента до 0,1 удается погрешность измерения ИК-теромометров уменьшить с 60 до 2...5 %.

Таблица

Показания ИК-термометра при температуре поверхности плитки 100 °С

Материал	Показания	Значение температуры, °С			Среднее
Медь	Benetech GM300	42	43	43	42,7
	ST 490+ (корректированный)	94,6	96,5	97	96,0
	Разница пирометров, °С	**52,6**	**53,5**	**54**	**53,4**
Сталь	Benetech GM300	41	41	42	41,3
	ST 490+ (корректированный)	98,4	96,7	95,4	96,8
	Разница пирометров, °С	**57,4**	**55,7**	**53,4**	55,5
Алюминий	Benetech GM300	34	36	33	34,3
	ST 490+ (корректированный)	92,5	93,4	95,1	93,7
	Разница пирометров, °С	**58,5**	**57,4**	**62,1**	**59,3**
Латунь	Benetech GM300	37,5	37	35	36,5
	ST 490+ (корректированный)	94,3	93,7	96	94,7
	Разница пирометров, °С	**56,8**	**56,7**	**61**	**58,2**

Таким образом, при проведении измерений температуры металлических поверхностей большую роль играет их коэффициент излучательной способности. Для получения достоверных данных нужно использовать ИК-термометры с наличием функции коррекции коэффициента излучения и калибровкой их с использованием контактного термоэлектрического термометра.

Источники

1. Галанов Е. К., Корнух А. В. Контроль температуры электротехнических, электромеханических и механических элементов и узлов методами инфракрасной пирометрии // Известия ПГУПС. 2005. № 2. С. 50–54.

2. Айхайти Исыхакэфу, Тукшаитов Р.Х. Контроль температуры корпуса светодиодных ламп при работе в разных осветительных устройствах // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19, № 9-10. С. 146–150.

3. Тукшаитов Р. Типовые и филаментные светодиодные лампы. Каким образом можно оперативно оценить их качество. Часть 3 // Полупроводниковая светотехника. 2019. № 3 (59). С. 9–11.

4. Фрунзе А.В. Пирометры спектрального отношения. Преимущества, недостатки и пути их устранения // Фотоника. 2009. № 4. С. 32–37.

5. Фрунзе А.В. Техника пирометрии. Saarbruken, Deutschland. LAMBERT Academic Publishung, 2015. 201 с.

6. Гатупов Л.И., Тукшаитов Р. Х. Температурный анализ различных видов материалов с помощью инфракрасной термометрии // Матер. XXV Всерос. асп.-магистер. науч. семинар, посвящ. Дню энергетика: в 3 т. / под общ. ред. Э.Ю. Абдуллазянова. Казань, 2022. Т. 1. С. 286–288.

УДК 628.9

ПРИМЕНЕНИЕ БУСТЕРНОГО КОНВЕРТОРА ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ ГЕНЕРАЦИИ ГАРМОНИК ТОКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ЛАМП

Гильманов Динар Линарович
ФГБОУ ВО «КНИТУ», г. Казань
smilexd97@mail.ru

В статье представлены результаты исследований, которые показывают, что в распределительных сетях из-за энергосберегательных ламп наблюдаются значительные искажения формы кривых токов. Они приводят к росту тока в нулевом проводе даже при полностью симметричном характере нагрузки.

Ключевые слова: бустерный конвертор, сдвиг фаз, гармоники тока, энергоэффективность.

THE USE OF A BOOSTER CONVERTER TO ELIMINATE THE GENERATION OF CURRENT HARMONICS OF ENERGY SAVING LAMPS

Gilmanov Dinar Linarovich
FGBOU VO “KNITU”, Kazan
smilexd97@mail.ru

In the article, studies have been carried out showing that in distribution networks, due to energy-saving lamps, there are significant distortions in the shape of the current curves. They lead to an increase in current in the neutral wire even with a completely symmetrical load.

Keywords: booster converter, phase shift, current harmonics, energy efficiency.

Все большую актуальность в настоящее время приобретают вопросы, связанные с обеспечением промышленных и бытовых потребителей качественной электроэнергией. Постоянно возрастающее количество потре,ителей электроэнергии влияет не только на загруженность электрической сети, но и на качество электроэнергии. Электродвигатели, импульсные источники питания, электродуговые печи, и множество других устройств существенным образом ухудшают качество электроэнергии.

Принцип действия бустерного конвертора. Для снижения гармоник тока и повышения коэффициента мощности применяется его активная коррекция с помощью так называемого корректора коэффициента мощности (ККМ или PFC – *power phase corrector*).

ККМ представляет собой самостоятельный преобразователь напряжения, так называемый «бустерный конвертер» (*boost converter* – BC), снабженный специальной схемой управления [1] (рис. 1).

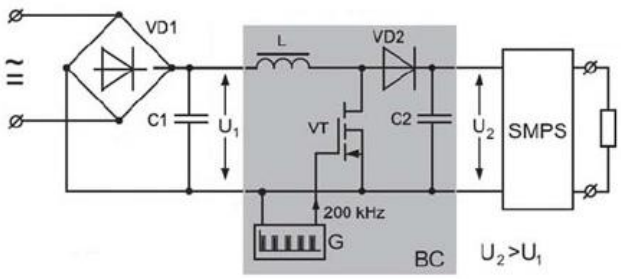
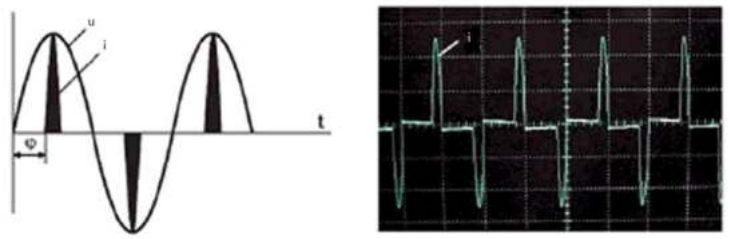


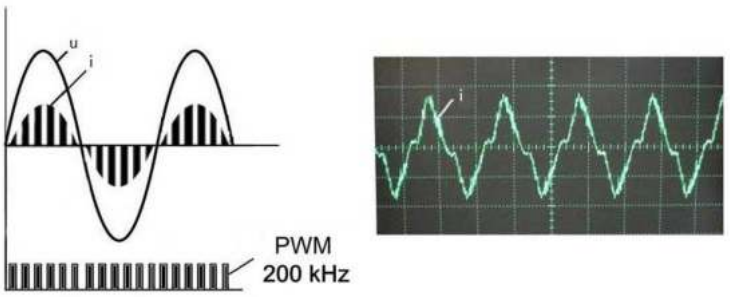
Рис. 1. Бустерный конвертор и его подключение к импульсному источнику питания

В научно-исследовательской лаборатории кафедры электропривода и электротехники ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» было проведено исследование с использованием бустерного конвертора. Смоделированы осциллограммы кривых тока, которые свидетельствуют об эффективности применения многофункционального конвертора для улучшения показателей качества электроэнергии и электроэнергии в сети.

Временные диаграммы тока и напряжения светодиодных и люминесцентных ламп мощностью от 7 до 20 Вт без использования бустерного конвертора [2] и с использованием бустерного [3] (рис. 2).



а



б

Рис. 2. Временные диаграммы напряжения и тока энергосберегающей лампы без бустерного конвертора (*а*) и с ним (*б*)

Как видно использование бустерного конвертора позволяет отслеживать фазу входного переменного напряжения и обеспечивать соответствующую привязку импульсов управления (то есть импульсов тока) к фазе напряжения, в следствие чего удается практически полностью устранить сдвиг фаз между током и напряжением, потребляемым накопительным конденсатором, то есть устранить гармоники тока [3] и поднять коэффициент мощности до 0,95...0,98.

Источники

1. Петров В.М., Щербаков Е.Ф., Петрова М.В. О влиянии бытовых электроприемников на работу смежных электротехнических устройств // Промышленная энергетика. 1998. № 4.

2. Кудрин Б.И., Прокопчик В.В. Электроснабжение промышленных предприятий. Минск: Высшая школа, 1988. 357 с.

3. Способ инструментального выявления источников искажения напряжения и определение их влияния на качество электроэнергии / И.И. Карташев [и др.] // Электричество. 2001. № 3.

4. Фокин Ю.А. Применение методов математической статистики в энергетических расчетах: учеб. пособие / под ред. М.А. Калугина. М.: Издательство МЭИ, 1981. 85 с.

5. Железко Ю.С. Влияние потребителя на качество электроэнергии в сети и технические условия на его присоединение // Промышленная энергетика. 1991. № 8. С. 39–41.

УДК 621.382.2

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФИЛАМЕНТНЫХ ЛАМП

Журавлева Юлия Алексеевна[1], Коваленко Ольга Юрьевна[2],
Микаева Светлана Анатольевна[3], Чуваткина Татьяна Александровна[4]
[1,3]ФГБОУ ВО «РТУ-МИРЭА», г. Москва,
[2,4]ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва», г. Саранск,
[1]ulypil@mai.ru, [2]crystall2000@mail.ru, [3]mikaeva_s@mirea.ru,
[4]chuvatkinatanya@rambler.ru

В статье приводится анализ результататов исследований спектральных характеристик филаментных светодиодных ламп мощностью 10 и 13 Вт и традиционной лампы накаливания.

Ключевые слова: источник света, филаментная светодиодная лампа, спектральное распределение, мощность.

INVESTIGATION OF THE SPECTRAL CHARACTERISTICS OF FILAMENT LAMPS

Zhuravleva Yulia Alekseevna[1], Kovalenko Olga Yurievna[2],
Mikaeva Svetlana Anatolyevna[3], Chuvatkina Tatyana Aleksandrovna[4]
[1,3] FGBOU VO “RTU-MIREA”, Moscow,
[2,4]National Research Mordovia State University, Saransk

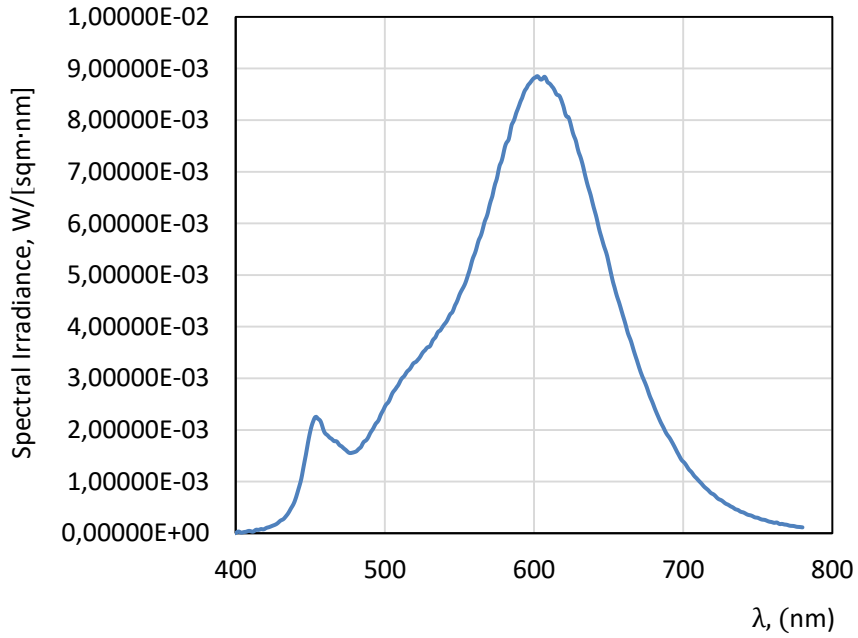
The article analyzes the results of research on the spectral characteristics of filament LED lamps with a power of 10 and 13 W and a traditional incandescent lamp.

Key words: light source, LED filament lamp, spectral distribution, power.

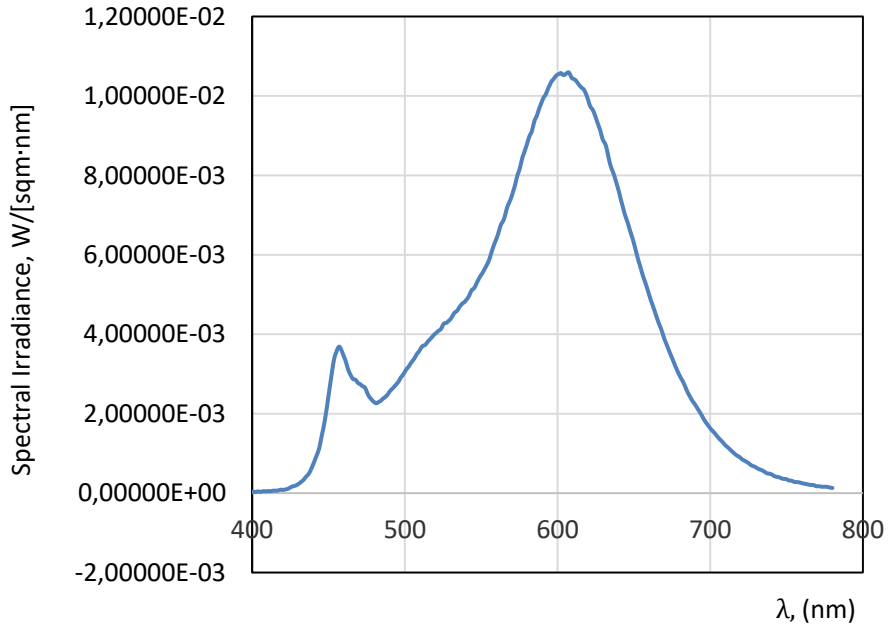
Энергосбережение – одна из самых популярных тенденций современности. Энергосберегающие технологии применяются практически в каждой сфере производства, в том числе и на современном рынке светотехники. В настоящее время все чаще и чаще применяются новые филаментные лампы в целях освещения общественных и бытовых помещений, исследования характеристик которых отражены в работах авторов [1–6].

В целях определения адекватной замены лампы накаливания на светодиодные энергоэффективные филаментные лампы, в розничной торговой сети города Саранск были приобретены филаментные светодиодные лампы мощностью 10 и 13 Вт General Lighting Systems

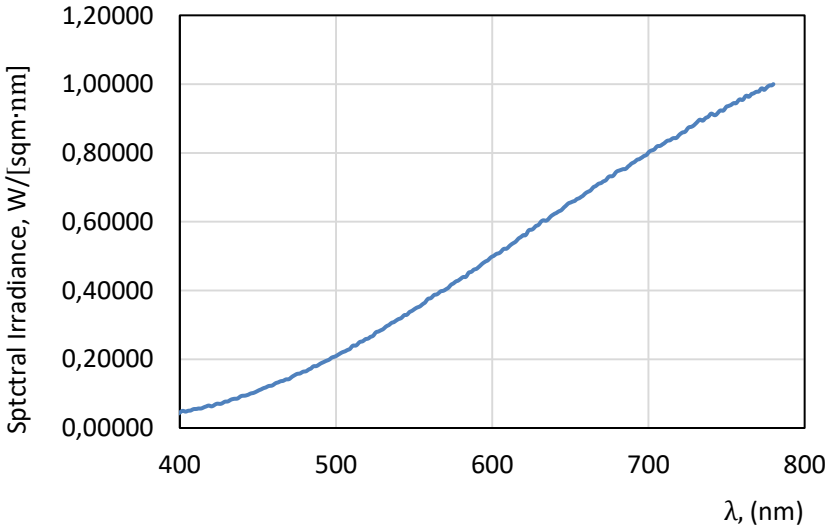
и лампа накаливания мощностью 60 Вт. Для оценки спектрального распределения излучения светодиодных ламп проводились измерения в лаборатории ЦКП «Светотехническая метрология» с помощью спектрорадиометра согласно ГОСТ 55703. Измерения исследуемых ламп проводились в помещении, стены, пол и потолок которого имели глубокоматовое черное покрытие (рис. 1).



а



б



в

Рис. 1. Спектральное распределение излучения филаментными светодиодными лампами мощностью 10 (*а*) и 13 (*б*) Вт, лампы накаливания мощностью 58 Вт (*в*)

Анализ результатов измерения показал, что для спектров филаментных светодиодных ламп характерно наличие двух максимумов. Один, в синей области спектра вызван свечением кристалла, второй – в желто-оранжевой области – свечением люминофора. Спектры двух филаментных ламп отличаются незначительно, основное отличие наблюдается в области свечения кристаллов светодиодов, что может объясняться технологическими погрешностями или использованием различных кристаллов, используемых для генерации излучения.

Если сравнивать излучение светодиодных источников с излучением лампы накаливания, то можно заметить определенное сходство распределения в коротковолновой области, и значительное различие в длинноволновой области спектра (практически отсутствующее излучение светодиодных ламп в красной области спектра при максимуме излучения ламп накаливания). Доминантная длина волны спектра излучения для всех ламп практически не отличается. Максимумы спектров излучения филаментных ламп лежат в одной области (607 и 602 нм), для лампы накаливания максимум находится вне границ видимого спектра.

Источники

1. Сравнительный анализ характеристик светодиодных филаментных ламп для бытового освещения / Н.П. Нестёркина [и др.] // Светотехника. 2020. № 5. С. 25–28.

2. Тукшаитов Р.Х. К характеристике закономерности спада светового потока светодиодных филаментных ламп разной мощности после их включения // Практическая силовая электроника. 2018. № 2. С. 49–52.

3. Тукшаитов Р.Х., Гусманов М. Типовые и филаментные светодиодные лампы. Каким образом можно оценить их качество // Полупроводниковая светотехника. 2018. № 5. С. 32–35.

4. Pfeifer R.P. Comparison Between Filament Lamps and Compact Fluorescent Lamps // The International Journal of Life Cycle Assessment. 1996. Vol. 1. Pp. 8–14.

5. Dependence on gas of the thermal regime and the luminous flux of LED filament lamp [Электронный ресурс] / D. Starosek [et al.] // AIP Conference Proc. 2016. Vol. 1772. URL: https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.4964588 (дата обращения: 21.10.2022).

6. Numerical Analysis and Optimization of Thermal Performance of LED Filament Light Bulb [Электронный ресурс] / J. Liu [et al.] // Proc. of the 67th Electronic Components and Technology Conference. 2017. URL: https://ieeexplore.ieee.org/xpl/conhome/7998598/proceeding (дата обращения: 17.10.2022).

УДК 621.382.2:621.32

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДИММИРУЕМОЙ СВЕТОДИОДНОЙ ЛАМПЫ ФИРМЫ SMURTBUY

Журавлева Юлия Алексеевна[1], Микаева Светлана Анатольевна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «РТУ-МИРЭА», г. Москва,
[1]ulypil@mai.ru, [2]mikaeva_s@mirea.ru

В статье приведен анализ результатов измерений маломощной диммируемой светодиодной лампы – световой поток, освещенность, коррелированная цветовая температура, индекс цветопередачи, мощность, кривая сила света и другие параметры.

Ключевые слова: диммируемая светодиодная лампа, освещенность, световой поток, цветовая температура, индекс цветопередачи.

RESEARCH FOR THE PARAMETERS OF THE DIMMIC LED LAMP SMURTBUY

Zhuravleva Yulia Alekseevna[1], Mikaeva Svetlana Anatolyevna[2]
[1,2]FGBOU VO “RTU-MIREA”, Moscow
[1]ulypil@mai.ru, [2]mikaeva_s@mirea.ru

The article provides an analysis of the measurement results of a low-power dimmic LED lamp – a luminous flux, illumination, correlated color temperature, color rendering index, power, light of light and other parameters.

Key words: Dimmic LED lamp, light, light flow, color temperature, color rendering index.

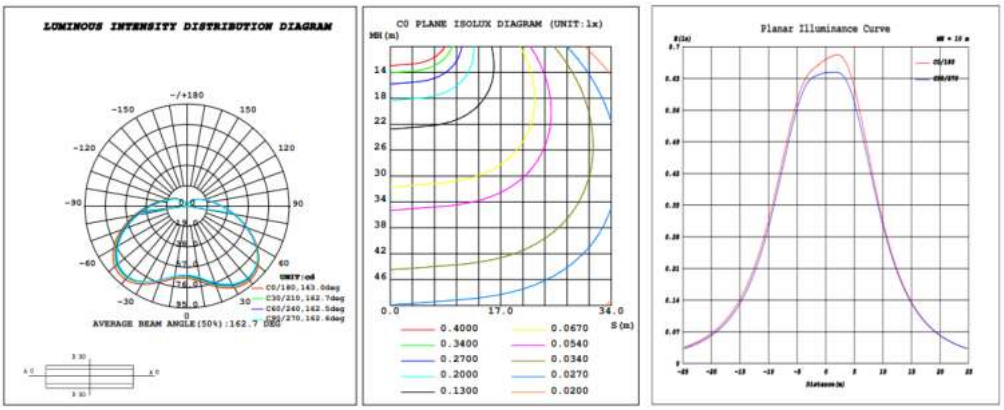
Диммирование – функция, позволяющая с помощью устройства – диммера, регулировать яркость излучения источников света, у которых нет возможности регулировать яркость свечения. Лампы, которые с помощью диммера способны плавно регулировать яркость, как правило, дороже аналогичных ламп на 30 %. Наличие светорегулятора решает две основные задачи: позволяет подобрать оптимальный уровень освещённости, в зависимости от времени суток и рода занятий и сокращает энергопотребление [1–3].

В качестве исследуемой лампы была выбрана маломощная диммируемая светодиодная лампа мощностью 7 Вт фирмы-изготовителя Smurtbuy (рис. 1).

Рис. 1. Упаковка исследуемой лампы с её изображением

Для измерения пространственного распределения излучения и светового потока использовался гониофотометр GO-2000A. Для обеспечения точности измерений исследования проводились в темной лаборатории при установившемся электрическом режиме после 15 минут непрерывного горения согласно ГОСТ Р 55702-2013.

Согласно результату измерения (рис. 2) светораспределение исследуемой лампы близко к полуширокому с незначительной долей излучения в верхнюю полусферу пространства. Значение светового потока при напряжении 220 В – 507,6 лм, максимальная сила света – 90,7 кд, световая отдача – 99,9 лм/Вт.



а *б* *в*

Характеристика	Результат измерений
Освещенность, лк	$1{,}053 \cdot 10^{2}$
Плотность потока излучения, Вт/м^2 (380...780 нм)	$3{,}049 \cdot 10^{-1}$
Коррелированная цветовая температура, К	3181
Доминантная длина волны, нм	582,1

Рис. 2. Характеристики исследуемой лампы: *а* – кривая сила света; *б* – диаграмма равных значений освещенности; *в* – распределение освещенности от расстояния

Коррелированная цветовая температура исследуемой лампы относится к тепло-белому оттенку свечения.

Результат измерения индекса цветопередачи:

*R*1 – 70,54; *R*2 – 80,6; *R*3 – 88,97; *R*4 – 71,30;

*R*5 – 69,05; *R*6 – 72,38; *R*7 – 80,30; *R*8 – 50,98;

*R*9 – 20,36; *R*10 – 54,25; *R*11 – 66,71; *R*12 – 45,67;

*R*13 – 72,01; *R*14 – 93,37; *R*15 – 63,72; *Ra* – 73,02.

В результате измерений выявлено, что измеренная мощность лампы – 5 Вт, а не 7 Вт, как заявлено производителем. Результат измерения светового потока 507 лм, фирмой–производителем заявлено 500 лм, измеренное значение общего индекса цветопередачи 73,02, а не 80, но значения некоторых частных индексов свыше 80, что говорит о хорошей цветопередачи лампы.

Источники

1. Исследование параметров диммируемых светодиодных ламп / А.А. Бабаев [др.] // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. IV Нац. науч.-практ. конф.: в 2 т. Казань, 2019. Т. 2. С. 583–589.

2. Исследование спектральных характеристик диммируемых светодиодных ламп / А.А. Бабаев [др.] // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. IV Нац. науч.-практ. конф.: в 2 т. Казань, 2019. Т. 2. С. 581–583.

3. Гумаров А. Диммируемые светодиодные лампы: советы по выбору, обзор лучших производителей [Электронный ресурс] // Совет инженера: интернет-энциклопедия по обустройству сетей инженерно-технического обеспечения. URL https://sovet-ingenera.com/elektrika/rozetk-vykl/page/2 (дата обращения: 11.09.2022).

4. Коваленко О.Ю., Медведева А.А., Гусева Е.Д. Статистические методы контроля качества светодиодов / Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики: сб. науч. тр. X Междунар. науч.-техн. конф. Саранск, 2012. С. 30–32.

5. Тукшаитов Р.Х., Гусманов М. Типовые и филаментные светодиодные лампы. Каким образом можно оценить их качество // Полупроводниковая светотехника. 2018. № 5. С. 32–35.

УДК 621-313.3

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕМ ОСВЕЩЕНИЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Калимуллин Артур Равилевич[1], Фетисов Леонид Валерьевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]artur-hal@mail.ru

В статье предложены мероприятия по достижению энергетической эффективности с помощью внедрения интеллектуальных систем.

Ключевые слова: интеллектуальная система, освещение, экономия электроэнергии, автоматизация, система управления.

DESIGN OF AN AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR ENERGY SUPPLY OF RESIDENTIAL BUILDINGS LIGHTING

Kalimullin Artur Ravilevich, Fetisov Leonid Valeryevich
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]artur-hal@mail.ru

The article proposes measures to achieve energy efficiency through the introduction of intelligent systems.

Keywords: intelligent system, lighting, energy saving, automation, control system.

Введение

Проблема использования энергетических ресурсов не теряет своей актуальности в связи с устойчивым ростом тарифов на энергоресурсы.

Анализ литературных источников показал, что в России на нужды освещения расходуется около 14 % всей вырабатываемой электроэнергии, из них порядка 25 % приходится на осветительные нужды жилых помещений, что составляет до 80 % от их общего энергопотребления [5]. Вследствие чего увеличение энергоэффективности установок по освещению является актуальным направлением развития энергетического хозяйства страны.

Экономия электроэнергии на освещение не должна достигаться за счет снижения норм освещенности, отключения части световых приборов или отказа от использования искусственного освещения, при недостаточном

уровне естественного света, поскольку потери от ухудшения условий освещения значительно превосходят стоимость сэкономленной электроэнергии.

Предлагаемое решение

Важным принципом грамотного проектирования установки осветительного оборудования различного типа является анализ целесообразности освещения рабочей поверхности, с одновременным соблюдением минимального разрешенного уровня освещенности [3].

Среди мероприятий повышения энергетической эффективности осветительных установок основными являются:

а) использование источников света с высокой отдачей;

б) выбор наиболее экономически эффективных схем размещения осветительных установок;

в) применение интеллектуальных систем по управлении источниками освещения.

Одним из наиболее перспективных с точки зрения энергоэффективности является внедрение интеллектуальных систем по управлению освещением [1].

Для снижения потребления электроэнергии в установках для освещения помещений должна предусматриваться система по управлению освещением в зависимости от внешних факторов:

а) присутствия людей в помещении;

б) степени естественной освещенности;

в) времени суток и прочего [2].

Актуальность использования интеллектуальных систем управления освещением определяется повышением энергетической эффективности осветительных установок и улучшением эксплуатационных характеристик жилых помещений.

Повышение энергоэффективности установок по освещению помещений достигается путем применения мер по уменьшению потребления электроэнергии, совершенствованию средств, методов освещения, бережливой и грамотной эксплуатации световых установок.

Вывод

Экономия электроэнергии для человечества не должна достигаться путем ухудшения условий ее использования. Внедрение интеллектуальной системы по управлению освещением обеспечивает значительно снижение

расходов по содержанию зданий, включает меры по защите здоровья, предотвращая крупные аварии, в том числе максимальное уменьшение риска по ущербу, повышение комфорта при проживании. Всем этим возможно измерить эффективность внедрения интеллектуальной системы, особенно с учетом сложившейся в настоящий момент геополитической ситуации в мире.

Источники

1. Волков А.В. Как построить дом мечты. М.: ЛитРес, 2021. 90 с.

2. Дементьев А.Д. Умный дом XXI века. Екатеринбург: Ридеро, 2016. 142 с.

3. Кашкаров А.П. Умный дом своими руками. М.: ДМК-Пресс, 2013. 256 с.

4. Умный дом [Электронный ресурс]. URL: https://obuchalka.org (дата обращения: 08.11.2022).

УДК 621.396.6

МИКРОКОНТРОЛЛЕРНОЕ УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ МОЕЧНОЙ МАШИНОЙ ДЛЯ ГИБКИХ ЭНДОСКОПОВ

Махмудов Изатулло Шомуродович
Таджикский национальный университет «ТНУ», г. Душанбе
mahmud_1967@mail.ru

Целью данной работы является разработка устройства управления моечной машиной для гибких оптико-механических эндоскопов. В процессе работы была разработана структурная схема устройства управления, а также планируется разработать принципиальную электрическую схему для управления гибкими эндоскопическими устройствами.

Ключевые слова: эндоскопия, гибкий эндоскоп, моечная машина, управления, микроконтроллер, светодиод.

MICROCONTROLLER WASHING MACHINE CONTROL DEVICE FOR FLEXIBLE ENDOSCOPES

Makhmudov Izatullo SHomurodovich
Tajik national University “TNU”, Dushanbe
mahmud_1967@mail.ru

The purpose of this work is to develop a washing machine control device for flexible opto-mechanical endoscopes. In the process of work, a block diagram of the control device was developed, and it is also planned to develop a basic electrical circuit for controlling flexible endoscopic devices.

Keywords: endoscopy, flexible endoscope, washing machine, controls, microcontroller, LED.

Современные эндоскопы – это сложные оптико-механические приборы, которые вводятся во внутренние органы и полости тела человека. С их помощью проводят диагностическое обследование и лечебные манипуляции инструментом, который проходит через канал эндоскопа [1]. В настоящее время разработано множество технических эндоскопов различных конструкций, позволяющих решить практически любую диагностическую задачу, не прибегая к дорогостоящим операциям разборки и демонтажа. Эндоскоп представляет собой двухканальную оптическую систему. Первый канал – осветительный. Эффект полного внутреннего отражения на границе световедущей жилы и оболочки оптического волокна позволяет передавать свет на выходной торец (рис. 1).

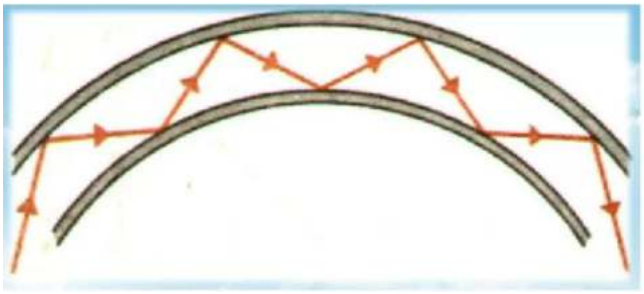


Рис. 1. Эффект полного внутреннего отражения света в оптическом волокне

Совершенствование светодиодов (миниатюризация, повышение светоотдачи) позволило создавать эндоскопы с источником света на конце рабочей части. В зависимости от конструкции рабочей части, эндоскопы можно разделить на две основные группы:

– эндоскопы с жесткой рабочей частью (только прямолинейный доступ в зону контроля) показаны на рис. 2;

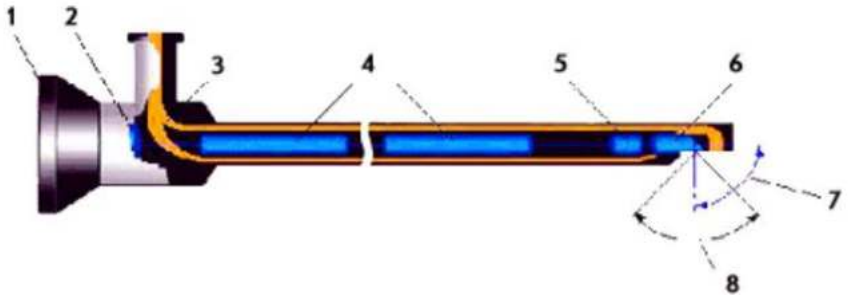


Рис. 2. Устройство жесткого эндоскопа: *1* – наглазник; *2* – окуляр; *3* – волоконно-оптический канал подсветки; *4* – передающая оптика; *5* – объектив; *6* – призма; *7* – угол направления наблюдения (90°); *8* – угловое поле зрения

– эндоскопы с гибкой рабочей частью (доступ в зону контроля можно осуществлять и по криволинейному каналу).

Гибкие эндоскопы (рис. 3) более разнообразны по своим возможностям (управление дистальной частью, инструментальный канал и пр.) чем жесткие, однако разрешающая способность ограничена диаметром волокна. Чаще всего применяются эндоскопы с гибкой рабочей частью диаметром от 4 до 10 мм и длиной до 2 м. Для регистрации полученного изображения применяются телевизионные и фотографические камеры, крепящиеся на наглазник окуляра [2].

С помощью ручек управления *5* можно манипулировать дистальным концом *1*, который способен изгибаться. Управляемый конец может изгибаться под разными углами, благодаря чему можно ввести прибор

в труднодоступные области. Гибкая рабочая часть *A* включает в себя каналы для передачи изображения, светового потока, воды и воздуха. В приборе есть специальный канал для инструментов *6*, который также может быть использован для аспирации при исследовании. Выход каналов находится в головке *2* дистальной части *1*. Корпус *B* оснащен системами, которые управляют дистальной частью, подачей жидкостей, воздуха и аспирацией.

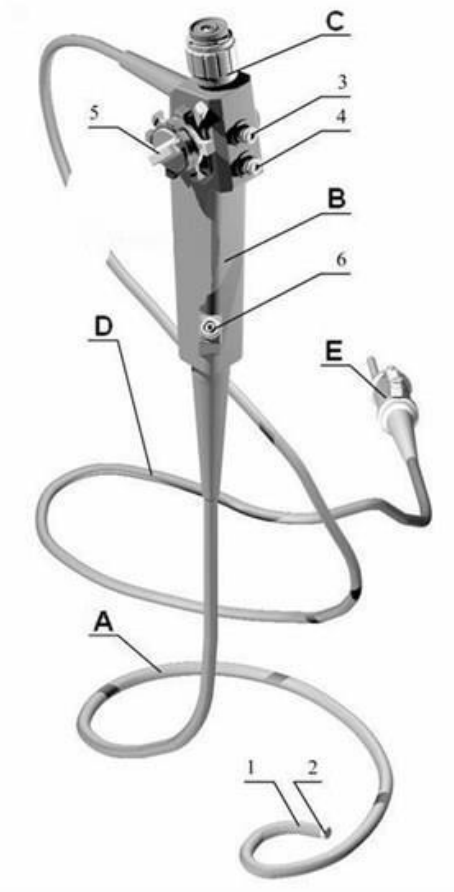


Рис. 3. Устройство гибкого эндоскопа: *A* – гибкая рабочая часть; *B* – корпус устройства; *C* – окуляр; *D* – соединительный кабель; *E* – разъем осветителя; *1* – управляемый дистальный конец; *2* – головка; *3* – кнопка подачи воды и воздуха; *4* – кнопка управления аспирацией; *5* – ручки управления дистальной частью; *6* – вход инструментального канала

Основными документами, регламентирующими мероприятия по обработке, дезинфекции и стерилизации эндоскопов, являются Санитарно-эпидемиологические правила СП 3.1.1275-03 «Профилактика инфекционных заболеваний при эндоскопических манипуляциях» и МУ 3.5.1937-04 «Методическими указаниями по очистке, дезинфекции и стерилизации эндоскопов и инструментов к ним».

Целью выполнения данной работы является разработка устройства управления моечной машиной для гибких эндоскопов. Согласно анализу принципов работы прибора-прототипа можно сформулировать следующие типовые функциональные особенности приборов:

– измеряет и поддерживает температуру дезинфектанта на уровне 40 °С;

– исполнительными устройствами (клапанами, компрессором, моторами, УФ-лампой по командам с пульта управления;

– отображение при помощи светодиодных индикаторов текущей операции;

– измеритель должен содержать блок питания для подключения к сети переменного напряжения.

В соответствии с описанными выше решениями и заданием была разработана структурная схема устройства управления моечной машиной для гибких эндоскопов, показанная на рис. 4.

Рис. 4. Структура устройства управления моечной машиной для гибких эндоскопов

Произведем уточнение структуры системы разукрупнив ее блоки и определив требуемые функциональные возможности. Проведя анализ параметров прибора-прототипа, было решено разрабатывать прибор по принципам прототипа, но учитывая следующие требования:

– следует учитывать, что следует контролировать только температуру дезинфектанта;

– для управления всеми исполнительными устройствами требуется использовать силовой ключ, так как порт контроллера не в состоянии выдать ток, достаточный для их работы;

– количество кнопок управления принимаем равным 7;

– количество светодиодов в блоке индикации принимаем равным 8.

Таким образом, продолжается работа по освоению оставшихся блоков.

Источники

1. Бондарева Л.А. Проектирование медицинских приборов, аппаратов и систем: учеб.-метод. пособие для вузов. Орел: Изд-во ОрелГТУ, 2016. 137 с.

2. Медицинские инструменты, приборы, аппараты и оборудование: каталог. М.: Государственное издательство медицинской литературы, 2017. 290 с.

УДК 628.9:621.382.2

О ВЛИЯНИИ ФОРМ-ФАКТОРА СВЕТОДИОДНЫХ ЛАМП НА ХАРАКТЕР ИХ СВЕТОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Нестеркина Нина Петровна[1], Олейник Илья Алексеевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарева», г. Саранск
[1]nesterkina.n@mail.ru, [2]oleynik_ilya0120@mail.ru

В статье представлены результаты исследования светораспределения светодиодных ламп форм-фактора «шар», «свеча», «свеча на ветру», «рефлектор». Проведен анализ влияния форм-фактора светодиодных ламп на характер их светораспределения.

Ключевые слова: светодиодные лампы, кривые силы света, форм-фактор.

ON THE INFLUENCE OF THE FORM FACTOR OF LED LAMPS ON THE NATURE OF THEIR LIGHT DISTRIBUTION

Nesterkina Nina Petrovna[1], Oleynik Ilya Alekseevich[2]
[1,2]FGBOU VO “MGU N.P. Ogarev”, Saransk
[1]nesterkina.n@mail.ru, [2]oleynik_ilya0120@mail.ru

The article presents the results of a study of the light distribution of LED lamps of the form factor “ball”, “candle”, “candle in the wind”, “reflector”. The analysis of the influence of the form factor of LED lamps on the nature of their light distribution is carried out.

Keywords: LED lamps, light intensity curves, form-factor.

Современные светодиодные (СД) лампы отличаются большим разнообразием типоразмеров и конструктивных модификаций. Большую роль для номенклатуры светодиодных ламп-ретрофитов играет форм-фактор, так как именно этот параметр определяет внешнее конструктивное сходство с традиционными источниками света [1, 2].

Исследования авторов [3, 4] показывают, что форм-фактор лампы определенным образом влияет на ее светотехнические характеристики.

Для проведения исследований были отобраны лампы с форм-фактором «шар», «свеча», «свеча на ветру» и «рефлектор». Измерения проводили на измерительном комплекте компании «ГалСен». В качестве приемника излучения использовался люксметр-пульсметр «ТКА-ПКМ (08)». До проведения измерений всех характеристик ламп при включении их на номинальное напряжение была достигнута стабилизация теплового режима работы ламп согласно ГОСТ [5]. На рис. 1 представлены результаты изменения светового потока в период стабилизации.

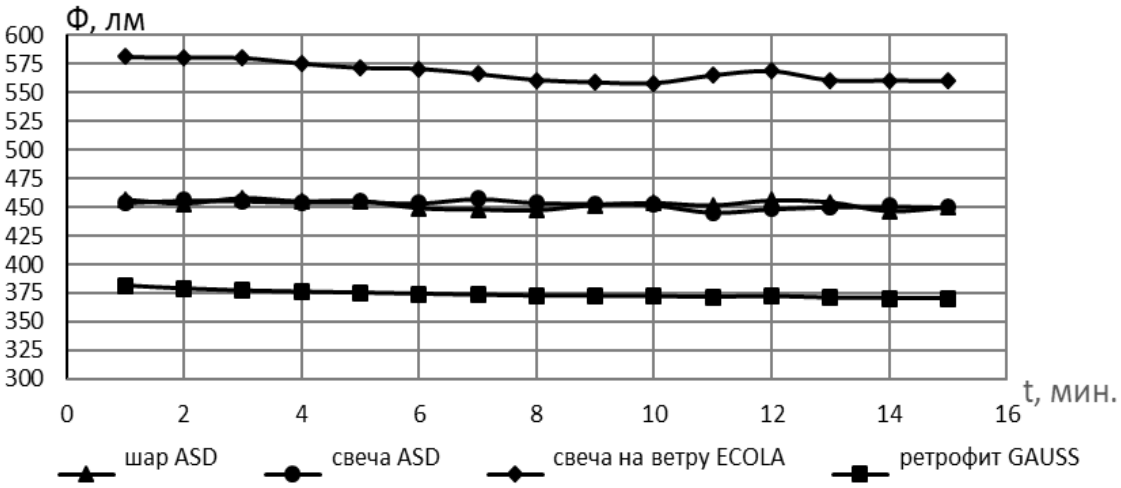


Рис. 1. Изменение светового потока исследуемых ламп в период стабилизации

Существенные различия наблюдаются в характере светораспределения данных источников света. Полученные кривые силы света (КСС) представлены на рис. 2.

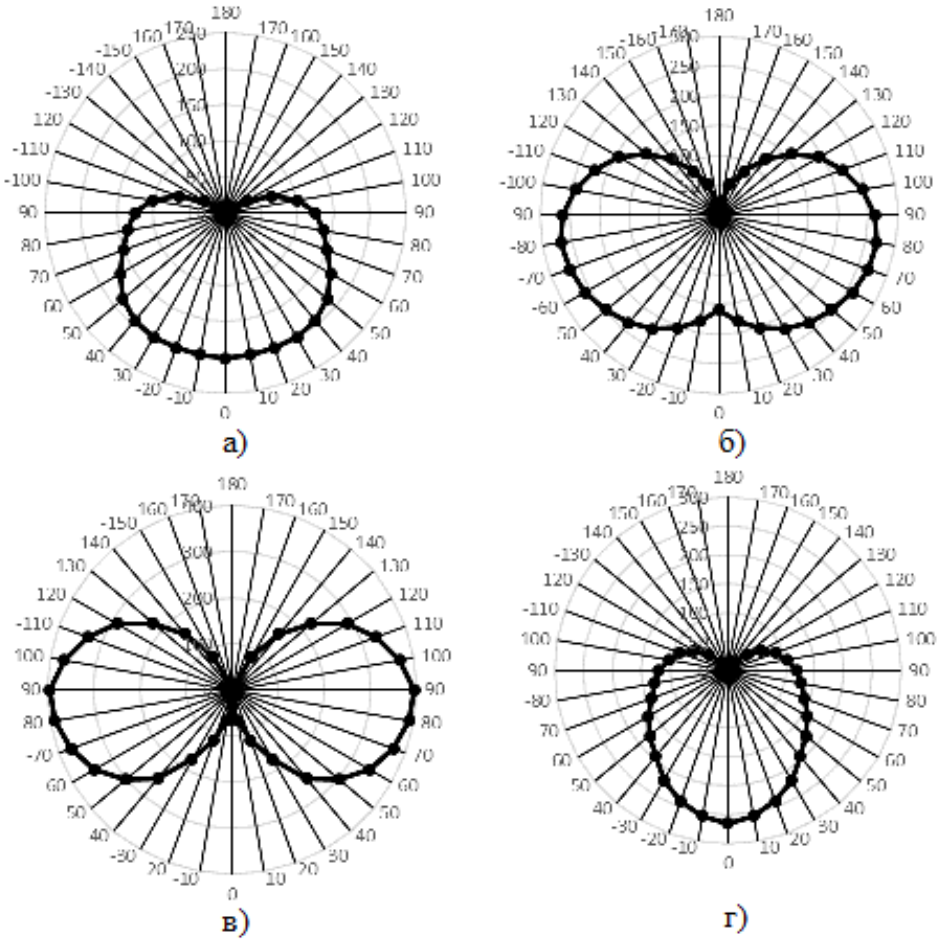


Рис. 2. КСС исследуемых светодиодных ламп: *а* – «шар»; *б* – «свеча»; *в* – «свеча на ветру»; *г* – «рефлектор»

Анализ результатов исследований показал, что лампа с рассеивателем в форме шара и рефлекторная лампа имеют косинусную КСС. Однако, у лампы с светорассеивающим покрытием диаграмма светораспределения имеет большую направленность в направлении осевой силы света. Для лампы с форм-фактором «шар» КСС имеет более равномерное распределение по зональным углам.

Лампы с форм-фактором «свеча» и «свеча на ветру» имеют синусную КСС, что определяется их вытянутой формой и практически полностью отсутствующим излучением в торцевой части рассеивателя. Причем наибольшая часть излучения сконцентрирована в диапазоне 110...90°.

При использовании данных источников света, необходимо грамотно учитывать геометрические параметры световых приборов (люстры, светильники), внутри которых предполагается эксплуатация.

Источники

1. Бугров В.Е., Виноградова К.А. Оптоэлектроника светодиодов: учеб. пособие. СПб.: НИУ ИТМО, 2013. 174 с.

2. Справочная книга по светотехнике / под. ред. Ю.Б. Айзенберга, Г.В. Бооса. 4-е изд., перераб. и доп. М.: Редакция журнала «Светотехника», 2019. 892 с.

3. Исследование влияния форм-фактора светодиодных ламп для бытового освещения на их светотехнические характеристики / Ю.А. Журавлева // Энергобезопасность и энергосбережение. 2019. № 6. С. 24–27.

4. Макарова Н. В., Ашрятов А. А. Исследование светотехнических характеристик светодиодных ламп-ретрофитов для бытового освещения // Энергобезопасность и энергосбережение. 2019. № 3. С. 28–32.

5. ГОСТ IEC 62612–2019. Лампы светодиодные со встроенным устройством управления для общего освещения на напряжения свыше 50 В. Эксплуатационные требования. М.: Стандартинформ. 2019. 32 с.

УДК 628.98

О ПАРАМЕТРАХ НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОБСТОЯТЕЛЬНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ. АНАЛИЗ НА ПРИМЕРЕ АЭРОДРОМНОГО ПОСАДОЧНОГО ПРОЖЕКТОРА С ЗАПРЕДЕЛЬНОЙ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТЬЮ 1800 ВТ

Тукшаитов Рафаил Хасьянович[1], Новосельский Вячеслав Григорьевич[2],
Мусин Дамир Талгатович[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]trh_08@mail.ru

Проведен анализ технических характеристик недавно описанного в литературе аэродромного посадочного светодиодного прожектора АСП «Гелиос» с запредельной потребляемой мощностью в 1800 Вт. Применив целый ряд дополнительных показателей, осуществлено более детальное описание его достоинств и недостатков.

Ключевые слова: светодиодный аэродромный прожектор, запредельная потребляемая мощность, светоотдача, светодиодная матрица, удельная масса, «парусность» прожектора.

ABOUT THE PARAMETERS NECESSARY FOR THE DETAILED CHARACTERISTICS OF LIGHTING DEVICES. ANALYSIS ON THE EXAMPLE OF AN AIRFIELD LANDING SPOTLIGHT WITH AN EXORBITANT POWER CONSUMPTION OF 1800 WATTS

Tukshaitov Rafail Khasyanovich[1], Novoselsky Vyacheslav Grigorievich[2],
Musin Damir Talgatovich[3]
[1,2,3]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]trh_08@mail.ru

The analysis of the technical characteristics of the recently described in the literature airfield landing LED searchlight ASP “Helios” with an exorbitant power consumption of 1800 watts. Applying a number of additional indicators, a more detailed description of its advantages and disadvantages was carried out.

Keywords: LED airfield searchlight, exorbitant power consumption, light output, LED matrix, specific gravity, “windage” of the searchlight.

Интерес, проявляемый к мощным светодиодным осветительным приборам, обусловлен тем, что они позволяют освещать большие производственные и городские площадки и могут быть в перспективе

пригодны для аэродромного посадочного освещения. Вместе с тем, многие фирмы избегают их разработки в силу сложности их технического решения, роста габаритов и массы. К настоящему времени пока только отдельные фирмы производят светодиодные осветительные приборы (СОП) мощностью более 700...800 Вт [1–3]. В 2017 г. на Международной выставке по светотехнике в г. Москве впервые был продемонстрирован СОП мощностью 1 500 Вт предназначенный для аэродромов с габаритами 1 700×1 200 мм, то есть с площадью передней панели в 2,0 м^2. Информация об этом приборе и его применении в литературе больше не встречалась.

Ранее, на основе анализа выпускаемых типов СОП было рассмотрены способы их конструирования с потребляемой мощностью 500...1200 Вт [4]. При этом было показано, что большинство таких приборов конструируются многомодульными, то есть компонуются по существу из нескольких автономных СОП, и значительно меньшее число одномодульными. В последних типах увеличение светового потока достигается главным образом его «масштабированием» его характеристик, то есть увеличением площади передней панели, количества светодиодов, массы радиатора, потребляемой энергии, сопровождающееся не всегда оправданным снижением удельной массы (г/Вт).

Все разработчики СОП практически приводят расчетные значения срока их службы на одном уровне (50 000...100 000 ч.), невзирая на величину потребляемой мощности, степени токового разгона светодиодов и опыта разработчика. Более убедительным было бы, если разработчики приводили сведения о спаде светового потока, например, за тест-период, равный 2 000...3 000 ч., что позволило бы с большей достоверностью прогнозировать ресурс СОП на основе вычисления 30 % спада светового потока. Исходя из декларируемых в литературе данных деградации светового потока светодиода, его спад на 2...3 % наблюдается приблизительно по истечении 10000 ч непрерывного свечения или через 6 лет при 5 ч эксплуатации СОП в сутки. Поэтому возникает вопрос насколько целесообразно в драйверах последних лет дополнительно вводит автоматическую компенсацию светового потока, усложняя его схему и соответственно снижая надежность работы, например в СОП фирм Минторгсвет (Беларусь) и FALDI (Россия).

В излагаемой работе приводится анализ технических характеристик и конструкции недавно предложенного монолитного самолетно-посадочного светодиодного прожектора АСП-1800 «ГЕЛИОС» мощностью 1 800 Вт [5]. Данный прожектор согласно [5] разработан двумя фирмами: НПК «Фаворить» (г. Москва) и ООО «Базис» (Воронеж). Из сайта

фирм следует, что первая фирма занимается разработкой информационно-управляющих систем и неясно, что она смогла внести в разработку прожектора. Вторая фирма действительно выпускает достаточную номенклатуру СОП, однако максимальная их мощность не превышает 180 Вт. Это косвенно указывает на то, что последняя фирма не имеет достаточного опыта в разработке сверхмощных СОП. Это побудило нас посвятить работу более детальному анализу технических характеристик новой разработки. Для получения определенного представления о СОП приведена таблица с его техническими данными.

Таблица

Технические характеристики сверхмощного прожектора АСП-1800 «ГЕЛИОС»

№ п/п	Показатели	Значения
1	Угол излучения по вертикали, град.	1,8
2	Минимальный угол излучения по горизонтали, град.	7,2
3	Максимальный угол излучения по горизонтали, град.	55
4	Осевая сила света при минимальном угле излучения, кд	30 000 000
5	Световой поток, лм	180 000
6	Потребляемая мощность, Вт	1 800
7	Срок службы, тыс. ч.	50
8	*Потери мощности на драйвере, Вт	≅ 150
9	Масса, кг	80
10	Габариты (Д×В×Ш), мм	1200×1200×40
11	*Светоотдача, лм/Вт	109
12	*Потребляемая мощность одной матрицы, Вт	16,5
13	*Количество светодиодных матриц	109
14	*Площадь передней панели, $м^2$	1,44
15	*Удельная масса, г/Вт	40
16	*Удельная площадь, $см^2$/Вт	8

Примечание – * – отмечены дополнительно вычисленные показатели.

В таблице приводится целый ряд дополнительных показателей СОП, что позволяет получить более обстоятельное представление о нем. В тексте [5] не указан такой важный показатель прожектора как его светоотдача. При световом потоке 18 000 лм светоотдача прожектора составит всего 100 лм/Вт. Такое ее значение на сегодня находится ниже нижней границы критериального значения светоотдачи СОП, которое на сегодня составляет на уровне 120 лм/Вт [6]. В силу наличия ограничения к объему сообщения более подробный анализ будет дан в соответствующем журнале.

Источники

1. Подвесной светодиодный светильник: п. м. 21082 Рос. Федерация № 2021121256; заявл. 16.07.2021; опубл. 28.03.2022, Бюл. № 10.

2. Подвесной светодиодный светильник: п. м. 213105 Рос. Федерация № 2022115512; заявл. 08.06.2022; опубл. 25.08.2022, Бюл. № 24.

3. Тукшаитов Р.Х., Исаев И.В. Сравнительный анализ технических характеристик светодиодных светильников ряда ведущих фирм страны // Приборостроение и автоматизированный привод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. IV Нац. науч.-практ. конф.: в 2 т. / редкол.: Э.Ю. Абдуллазянов [и др.]. Казань, 2018. Т. 1. С. 504–506.

4. Тукшаитов Р.Х. Повышение срока службы и надежности работы сверхмощных одномодульных светодиодных осветительных приборов // L Огаревские чтения: Материалы научной конференции. В 3-х частях. Составитель А.В. Столяров. Отв. за выпуск П.В. Сенин. 2022.

5. Марков А. Аэродромный посадочно-сигнальный светодиодный прожектор АСП-1800 «ГЕЛИОС» // Полупроводниковая светотехника № 1. 2022. С. 52-55.

6. Тукшаитов Р.Х., Васина А.Ю. Сравнительная оценка бренда ряда отечественных фирм по уровню светоотдачи номенклатуры их светодиодных светильников // в сборнике: проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники. Материалы II Всероссийской научно-практической конференции. В 2-х томах. Редколлегия: Э.Ю. Абдуллазянов (гл. редактор) [и др.]. 2000. С. 294-296.

УДК621.313.126

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ВЕТРА ДЛЯ АВАРИЙНОГО ПИТАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ И ЭЛЕКТРООСВЕЩЕНИЯ

Чепайкин Максим Олегович[1], Шириев Равиль Рафисович[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]maxi.chep@bk.ru, [2]shrr@list.ru

В работе предлагается использование ветрогенератора в качестве источника энергии резервного питания промышленных сооружений, в случае вывода из строя основной электрической цепи. Приведены результаты сравнительный анализа параметров и возможностей практического применения.

Ключевые слова: энергетика, ветроустановка, ветрогенератор, электричество, алгоритм питания.

USE OF WIND ENERGY FOR EMERGENCY POWER SUPPLY OF INDUSTRIAL FACILITIES

Chepaykin Maxim Olegovich[1], Ravil Rafisovich Shiriev[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]maxi.chep@bk.ru, [2]shrr@list.ru

The paper proposes the use of a wind generator as a backup power source for industrial facilities, in case of failure of the main electrical circuit. A comparative analysis of their technical parameters and application possibilities is carried out.

Keywords: power engineering, wind turbine, wind generator, electricity, power supply algorithm.

Ветроэнергетика в России, становится все более востребованной. Ученые и инженеры различных специальностей усердно трудятся для развития этой отрасли в РФ.

В организации эффективной работы любого предприятия большое значение имеет выбор подходящего энергогенерирующего оборудования. Задачу бесперебойного энергоснабжения решают за счет оснащения производства автономными резервными источниками энергии. Помимо общепринятого дизель-генератора, существует альтернатива в виде ветрогенератора. Он может накапливать электроэнергию в АКБ, а затем при аварии от нее могут питаться важные потребители электроэнергии. Однако выводы АКБ не могут обеспечить большого напряжения и сама АКБ не способна проработать долгое время.

Основным элементом ветряных электростанций является ветрогенератор, который представляет собой сложное техническое устройство способное преобразовывать механическую энергию воздушных потоков в электрическую энергию для ее последующего непосредственного использования потребителями [1, 2]. Ветрогенераторы все чаще применяются в черте города, способствуя увеличению доли использования возобновляемых «зеленых» источников энергии.

Ветрогенератор с вертикальным винтом работает при минимальных скоростях вследствие меньшего момента трогания. КПД горизонтальной ВЭУ не много выше, чем у вертикальной [3]. Поэтому такую ВЭУ целесообразно использовать при питании электроприемников большей мощности. Основные подвижные элементы вертикально-осевых ВЭУ находится преимущественно в нижней части генератора, что облегчает доступ к генератору и их обслуживание [4]. Благодаря отличительным особенностям жесткой конструкции, вертикальные ветрогенераторы способны работать при больших скоростях ветра с минимальным сопротивлением ветру. К недостаткам горизонтально-осевых ветрогенераторов можно отнести необходимость наличия флюгера для постоянного поиска ветра, что усложняет конструкцию ВЭУ и повышает его стоимость.

Существует большое количество различных видов ветроустановок, однако нами был выбрал генератор Угринского (см. рисунок). Он состоит из двух лопастей S-образной формы, расположенных так, что при любом направлении ветра какая-нибудь часть направлена навстречу потоку ветра [5]. Как раз этот факт является его значимым преимуществом, поскольку отсутствует мертвое положение лопастей и существенно возрастает КПД. В качестве основного размера такой схемы ротора принимается радиус диска. Важнейшим условием является соотношение средней части канала между лопастями равное 2/3 ширины устья канала.

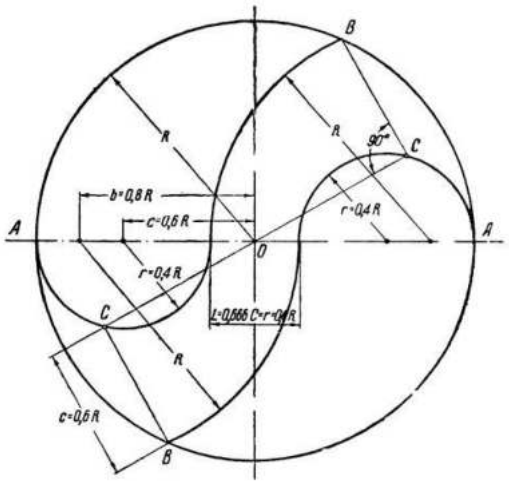


Схема лопастей генератора Угринского

Исходя из выше отмеченных преимуществ, ВЭУ вертикально-осевого типа подходит лучше для установки в качестве альтернативного источника питания системы освещения цехов промышленного предприятия.

Таким образом, использование ветрогенератора в качестве резервного питания имеет как свои достоинства, так и недостатки. Достоинством является отсутствие трат на поддержание работоспособности резервного питания (кроме установки генератора), а также возможность подпитывать от ветрогенератора другие потребители электроэнергии (при заряженной АКБ). К недостаткам же можно отнести малое время работы резервного питания и относительно небольшие мощности на выводах АКБ.

Источники

1. Германович В.Т., Турилин А.В. Альтернативные источники энергии. Практические конструкции по использованию энергии ветра, солнца, воды, земли, биомассы. СПб.: Наука и техника, 2014. 318 с.

2. Безруких П.П. Ветроэнергетика. Вымыслы и факты. Ответы на 100 вопросов. М.: Институт устойчивого развития, 2014. 74 с.

3. Типы ветродвигателей. Новые конструкции и технические решения // Энергетика и ТЭК. 2013. № 1. С. 2–4.

4. Рудаков А.И., Гиниятуллина И.Н. Согласование работы источников солнечной и ветровой энергии при получении электрической // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике: матер. XVI Всерос. открытая молод. науч.-практ. конф. Казань, 2022. С. 93–95.

5. Баскаков А.П., Мунц В.А. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учеб. пособие. М.: ИД Бастет, 2013. 368 с.

УДК 621.321

КАЧЕСТВО И НАДЕЖНОСТЬ СВЕТИЛЬНИКОВ УЛИЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Шириев Равиль Рафисович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
shrr@list.ru

В работе приводятся результаты сравнительного сопоставления технических параметров заявленных в паспортах светодиодных уличных светильников и данных полученных экспериментальным путем. Проведен анализ видов неисправностей световых приборов.

Ключевые слова: световой прибор, светодиодный источник света, технические параметры светильника, анализ неисправности.

QUALITY AND RELIABILITY OF STREET LIGHTING LUMINAIRES

Ravil Rafisovich Shiriev
Kazan State Power Engineering University, Kazan
shrr@list.ru

The paper presents the results of a comparative comparison of the technical parameters of the LED street lamps declared in the passports and the data obtained experimentally. An analysis of the malfunction of lighting devices was carried out.

Keywords: luminaire, LED light source, luminaire technical parameters, failure analysis.

В летний полдень освещенность на уровне земли может варьировать в пределах от 10 до 100 тысяч люкс. Ночью в полнолуние освещенность составит примерно 0,2 лк. Согласно нормативно-технической документации (ГОСТ Р 58107.1-2018, СНиП 23-05-2010 и д.р.) нормируются: средняя яркость дорожного покрытия, $L_{ср}$, кд/м^2; общая равномерность распределения яркости дорожного покрытия, $L_{мин}/L_{ср}$; продольная равномерность распределения яркости дорожного покрытия, $L_{мин}/L_{макс}$; средняя освещенность дорожного покрытия, $E_{ср}$, лк; равномерность распределения освещенности дорожного покрытия, $E_{мин}/E_{ср}$.

Так, например, минимальное значение освещенности дорожного покрытия улиц и дорог должны быть в пределах от 6 до 30 лк. Нормируемое значение освещенности в ночное время суток обеспечивается

посредством применения световых приборов. За последнюю тысячу лет световые приборы претерпели серьезные изменения – от костра до светодиодного светильника.

В настоящее время на рынке светотехники представлено громадное количество моделей осветительных приборов, очень похожих друг на друга. Многих из них объединяет назначение, принцип действия и конструкция. Однако для каждой модели светильника свойственны свои конструктивные особенности [1, 2].

Широкому кругу исследователей известно немало примеров, свидетельствующих о том, что современный рынок светотехники наводнен не всегда качественной продукцией, где встречаются и светодиодные осветительные приборы с относительно невысокими светотехническими характеристиками [1–3]. Так, например, приводимые в технических паспортах светодиодных изделий значения потребляемой мощности, угла излучения, световой отдачи несколько завышены, а значения снижения светового потока и температуры корпуса заметно занижены [2–4]. Возникает необходимость контроля технических параметров светодиодной продукции потребителем в силу отсутствия доверия и низкого качества изделий отдельных производителей.

За последние 7 лет на базе научно-исследовательской лаборатории КГЭУ под руководством Садыкова Марата Фердинантовича, зав. кафедрой ТОЭ, периодически проводилась в рамках НИР независимая оценка технических параметров и диагностика светодиодных световых приборов (уличных светильников), произведенных разными фирмами: «ФЕРЕКС», «ЛЕДЕЛ», NITEOS, «Светотроника», «ФРС», «Атон», «ТАТ-Люкс», «DIODIS», «ДЕЛЕД».

Экспертная оценка светодиодных светильников, в соответствии с пожеланиями заказчика, предполагала измерение ограниченного количества электрических и светотехнических параметров и анализ неисправности.

В начале проводилась проверка световых приборов на работоспособность путем попытки приведения светильников из нерабочего состояния в рабочее состояние. При выявлении неисправного или неработоспособного состояния световые приборы были подвергнуты диагностике неисправности с целью выяснения причин неисправности и неработоспособного состояния.

Физические параметры измерялись в пределах рабочих по паспорту минимальных и максимальных значений питающего напряжения, т. е., получены диаграммы при разных значениях питающего напряжения

светового прибора. Осуществлялась оценка соответствия измеренных параметров заявленным в паспорте значениям, сравнительный анализ драйверов, климатические испытания. Затем следовал анализ неисправности световых приборов. Он предполагал демонтаж корпуса, демонтаж блока питания, визуальный осмотр, проведение тестовых измерений неисправных светильников, выяснение причин неисправности.

Выводы:

1) значения большинства технических параметров исследуемых светильников, за исключением некоторых образцов, соответствуют заявленным в технических паспортах;

2) температурный режим светодиодов отдельных образцов светильников далек от оптимального, что в значительной степени снижает надежность;

3) драйверы некоторых образцов очень низкого качества;

4) самой распространенной причиной выхода из строя уличных светильников является естественная влага, которая накапливается в корпусе из-за принципиальных ошибок конструирования.

Источники

1. Шириев Р.Р., Садыков М.Ф.. Сравнительная оценка технических параметров двух типов светодиодных световых приборов // Вестник МЭИ. 2020. № 2. С. 77–82.

2. О коэффициенте мощности светодиодных ламп (в связи с требованиями ГОСТ Р 55705-2013) / Р.Х. Тукшаитов [и др.] // Светотехника. 2018. № 1. С. 49–51.

3. Исыхакэфу А., Тукшаитов Р.Х. Контроль температуры корпуса светодиодных ламп в разных осветительных устройствах // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2017. № 9-10. С. 146–150.

4. Мэгти Наджими. Концепции, продлевающие срок службы светодиодных драйверов // Полупроводниковая светотехника. 2017. № 2. С. 44–47.

Направление 7. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СФЕРЕ ЖКХ

УДК 621-313.3

BIM-ПРОЕКТИРОВАНИЕ В ЧАСТНОМ ДОМОСТРОЕНИИ

Абдуллина Лилия Венеровна[1], Денисова Алина Ренатовна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]lili6_93@mail.ru, [2]denisova_ar@mail.ru

В данной работе проанализированы вопросы развития и реализации BIM технологий в сфере проектирования частного домостроения. Также были рассмотрены положительные и отрицательные стороны данной технологии в сравнении традиционным проектированием. BIM-технологий в сопоставлении с традиционным проектированием. Сформулированы заключения, и перспективы на будущее.

Ключевые слова: Система электроснабжения, BIM-проектирование, энергетика, проектирование, частное домостроение, информационное моделирование, программные комплексы.

BIM -DESIGN IN PRIVATE HOUSING CONSTRUCTION

Liliya Venerovna Abdullina[1], Denisova Alina Renatovna[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]lili6_93@mail.ru, [2]denisova_ar@mail.ru

This paper analyzes the development and implementation of BIM technologies in the design of private housing construction. The positive and negative aspects of this technology were also considered in comparison with traditional design.

Keywords: Power supply system, BIM-design, energy, design, private housing construction, information modeling, software systems.

Методы проектирования с каждым годом становятся все прогрессивнее, применяется современное программное обеспечение, в результате чего возрастает эффективность труда и уменьшается время на разработку конкретного проекта.

В настоящее время активно развиваются средства автоматизированного проектирования (САПР), что не может не сказываться на эффективности и разнообразии реализации строительных процессов. Среди широкой гаммы представленных вариаций САПР особое место сейчас занимает продвижение интеллектуального, а точнее информационного

проектирования. BIM (с английского Building Information Modeling), а именно информационное моделирование зданий обладает рядом неоспоримых преимуществ по сравнению с устоявшейся системой CAD (с английского Computer-Aided Design) [1, 2]. Также BIM-технологии обладают внушительной функциональностью, так как их применение целесообразно не только на стадии проектирования, но и на стадиях строительства и эксплуатации зданий и сооружений [3, 4].

В настоящее время существует проблема реализации идеи проектирования от начала до финиша с использованием единой автоматизированной платформы в частном домостроении. Если у крупных строительных компаний, занимающихся городским строительством, есть возможность реализации данной концепции, то при частном домостроении этот принцип еще не реализован. Хотя заказчики частных жилых домов малой этажности хотели бы получить полностью готовый «продукт». BIM-проектирование – это интеллектуальное проектирование и является отличным выходом из этой ситуации, так как с помощью него, можно создавать один проект со специалистами разных направленностей, а также наблюдать за процессом в онлайн формате. В результате заказчик может получить готовый проект и его реализацию, которая включает все необходимые системы: строительную часть, электроснабжение, теплоснабжение, автоматизацию («Умный дом»), управление, слаботочные системы (пожарная и охранная сигнализация, видеонаблюдение, интернет), дизайн финишной отделки и мебели, ландшафтный дизайн, внешнее электроснабжение и освещение и т.д.

Наш опыт проектирования в среде Nanocad с использованием такого подхода, позволит реализовать BIM-проектирование для частного домостроения. Такая концепция реализации BIM-технологий в сфере проектирования частного домостроения позволит выстроить четкую систему взаимных согласований специалистов, привлекаемых к проекту, а значить уменьшить вероятность ошибок, уменьшить срок реализации проекта и получить полную удовлетворенность заказчика конечным результатом.

Всю работу по проектированию, строительству, монтажу коммуникаций и систем, организации пространства, автоматизации и пр. может организовать одна компания, подключая параллельно инженеров-специалистов соответствующих видов работ (рис. 1). Работа по проекту будет организована на основе единой платформы проектирования с доступом исполнителей в режиме 24/7 [5].

Рассмотрим детально концепцию данного подхода и выделим возможную последовательность работ при создании трехмерной информационной модели.

Пример реализации подхода. Разберем на примере строительства коттеджа.

Первым этапом будет непосредственно проектирование строительной части. При разработке плана коттеджа, безусловно, необходим будет выезд на объект, встреча с заказчиком, чтобы обсудить с ним все нюансы и пожелания. Возможно, основой для будущего дома будет уже имеющийся проект, и нужно будет его дополнить достройками и изменениями, согласно желанию клиента. В дальнейшем проектировщику-строителю не придется сидеть в офисе в большой компании, а будет возможность работать в более комфортном для себя месте.

Следующий этап моделирует те части объекта, которые возводятся на стройплощадке: фундамент, стены и другие необходимые элементы здания. На этом этапе инженер-электрик подключается к проекту, чтобы инженер-строитель подготовил помещение для электрощитовой, котельной, а также предусмотрел в гараже место установки зарядной станции электромобиля. Возможно, инженер-электрик запланировал питание коттеджа от отдельного трансформатора, и им вдвоем нужно будет решить, где устанавливать трансформатор. Далее инженер-теплоэнергетик совместно с инженером-строителем, определяют план проекта системы теплоснабжения. К примеру, реализуется современная система горизонтального отопления в полу не использующая традиционных подоконных радиаторов. Поэтому инженеру-строителю необходимо оставить нишу для прокладки системы теплотрасс, а инженер-теплоэнергетик произведет расчеты, определит оборудование, необходимое для этой системы. На этом же этапе может подключиться к проекту дизайнер. Именно он сообщает инженеру-строителю требования к высоте, регулирует габариты лестничных пролетов, в доме должно быть две двери для входа и выхода, так как планируется выход в задний двор.

После того, как строители выполнил все свои обязанности, построили коттедж с учетом всех нюансов и необходимых вещей, наступает следующий этап, проект переходит к электрику, после согласования он выезжает на место работы. Дизайнер передает электрику, что в его концепции в комнатах должны быть светильники в определенных местах, и ему необходимо, чтоб электрик провел все кабели в нужные места. Так же ландшафтный дизайнер передает, что согласовывает

необходимость подвода электропитания и водоснабжения (например, для обустройства фонтана, системы с насосом для автоматического полива, встроенное освещение в дорожку, общее освещение территории, подсветка тропинок и пр.) Инженер-электроэнергетику проектирует систему электроснабжения с учетом всех этих потребностей. После заказ переходит инженеру-теплоэнергетику. Тепловик в свою очередь составляет проект теплоснабжения, отопления, водоснабжения и вентиляции. Далее в работу вступает дизайнер и обустраивает дом по своему концепту. И самое главное, что на всех этапах проекта заказчик видит работу и может внести корректировки.

С помощью BIM-проектирования возможна не только совместная работа над проектом, но также проведение сметного расчета стоимости всех материалов, необходимых для коттеджа [5].

Конструктор вводит созданную модель в программу Nanocad, рассчитывающую требуемые параметры составляющих элементов здания. Одновременно программа выдает рабочие чертежи, ведомости объемов работ, спецификации, производит расчет сметной стоимости.

На основе полученных данных рассчитываются и вводятся в 3D модель инженерные сети и их параметры (тепловые потери конструкций, естественная освещенность и пр.) [6].

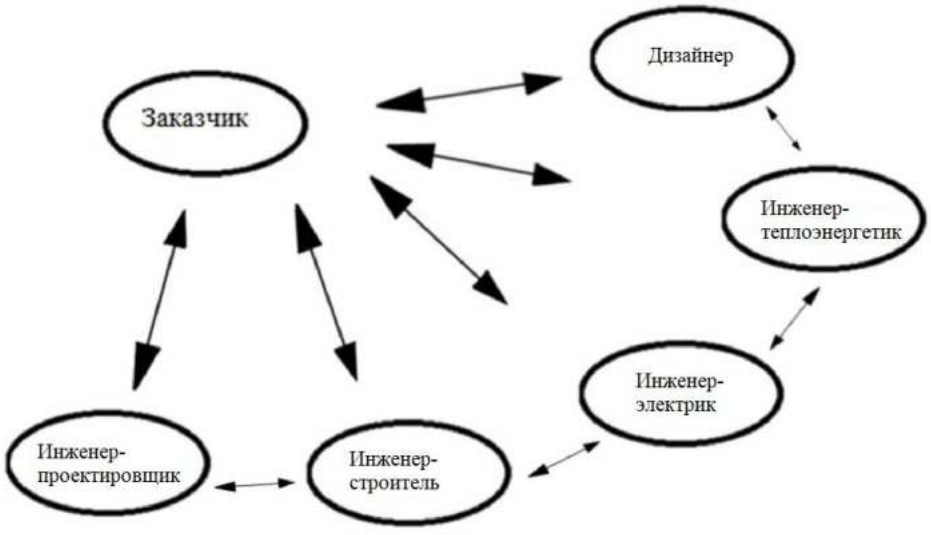


Схема работы BIM-проектирования

Заключение. Предложенная нами концепция реализации BIM-технологий в сфере проектирования частного домостроения позволит выстроить четкую систему взаимных согласований специалистов,

привлекаемых к проекту, а значить уменьшить вероятность ошибок, уменьшить срок реализации проекта и получить полную удовлетворенность заказчика конечным результатом.

Источники

1. Юргайтис А. Ю. Сравнительный анализ программных комплексов для служб строительного контроля на объектах капитального строительства, реконструкции и перепрофилирования // Технология и организация строительного производства. – 2017. – № 2 (3). С. 21–24.

2. Ободников В. Д., Алексеев С.А., Каган П.Б. Применение VR-технологий в BIM проектировании // Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы: сб. матер. семинара, проводимого в рамках VI Междунар. науч. конф. М., 2018. С. 189–193.

3. Елин Д.А., Макаров А.Д., Мышков Е.С. Революция в строительном проектировании // Инженерные и социальные системы: сб. науч. тр. Института архитектуры, строительства и транспорта ИВГПУ. Иваново, 2020. С. 32–36.

4. Денисова А.Р., Аманова Г.А. Вопросы надежности и эффективной эксплуатации электротехнических систем и способы ее повышения // Проблемы и перспективы разработки инновационных технологий: сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. Уфа, 2021. С. 10–12.

5. Молочникова О.В. Специфика и возможности BIM- проектирования в строительстве // Инновации в образовательном процессе: сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. Чебоксары, 2021. С. 37–40.

6. Немцева А.В. Преимущества BIM проектирования при проверке нормативно-строительной документации // IV Междунар. студенческий строительный форум – 2019 (К 65-летию БГТУ им. В.Г. Шухова): сб. докл. В 2 т. Белгород, 2019. С. 100–105.

УДК 649-63

ВОЗМОЖНОСТИ БУДУЩЕГО РАЗВИТИЯ И ВНЕДРЕНИЯ КОНЦЕПЦИИ «УМНОГО ГОРОДА» В СФЕРЕ ЖКХ В ГОРОДАХ РОССИИ

Багмут Владислав Сергеевич[1], Фахрутдинов Айрат Юсупович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]faxrutdinov2001@mail.ru, [2]vlad.ehp@gmail.com

В этой статье рассматривается возможности внедрение информационной системы «Умный город» в глобальную практику. Представлены наиболее убедительные примеры применения технологии «Умный город» в городах России и мира. Были рассмотрены основные факторы, мешающие российским городам активно внедрять «умные технологии».

Ключевые слова: жилищно-коммунальное хозяйство, умный город, зеленые технологии, умные технологии.

OPPORTUNITIES FOR FUTURE DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF THE “SMART CITY” CONCEPT IN THE HOUSING AND UTILITIES SECTOR IN RUSSIAN CITIES

Bagmut Vladislav Sergeevich[1], Fakhrutdinov Airat Yusupovich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]faxrutdinov2001@mail.ru, [2]vlad.ehp@gmail.com

This article discusses the possibilities of introducing the information system “Smart City” into global practice. The most convincing examples of the application of the “Smart City” technology in the cities of Russia and the world are presented.

Keywords: housing and communal services, smart city, green technologies, smart technologies.

В нашем мире все чаще возникал вопрос обеспечения высокого уровня качества жизни жителей больших городов. Современные мегаполисы – это сложные системы, которые не могут в полном размере обеспечить её уровень. Изменение этой ситуации можно увидеть в развитии технологий «умного города». Но термин «умный город» стал использоваться не более 30 лет назад в 1990-х гг., когда город Торонто был назван «умным городом», Кремниевая долина – «умной долиной», а Сингапур – «умным островом». Однако до сих пор нет единого мнения о структуре этой концепции. Самый распространенный метод – использовать

не прямой перевод, а пояснительную аббревиатуру Smart, примененной мировым классиком стратегического менеджмента Питером Друкером в управленческой практике. Эта аббревиатура используется для обозначения пяти основных требований к постановке целей: Specific (точная), Measurable (измеримая), Achievable (достижимая), Realistic (реальная, т. е. отражающая истинное положение дел), Timed (с заданным конечным сроком).

Из анализ существующей научной литературы и аналитических исследований можно придти к выводу, что все технологии, используемые в современных «умных городах», можно разделить на две категории:

– информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) – включая использование больших объемов данных для получения необходимой информации и применение последних достижений в области искусственного интеллекта и робототехники;

– «зеленые технологии» – включая использование альтернативных источников энергии и снижение воздействия на окружающую среду.

В мировой практике наиболее активным является внедрение технологий «умного города» в деятельность крупных городов. В России «умные технологии» развиваются и в крупных городах. В индексе городского транспорта (cimi) Россию представляют три города – Москва, Санкт-Петербург и Новосибирск, которые «занимают 70, 123 и 142 места соответственно».

Эти города являются городами, которые наиболее активно развивают информационные и коммуникационные технологии, влияющие на транспорт, строительство, коммунальные услуги, Услуги и торговлю. Внедрение технологии «Умный город» обеспечивается разработкой и внедрением приложений, позволяющих гражданам повысить комфорт своей повседневной жизни.

Также в России реализуются проекты по возведению «Умных городов» с нуля, например город Иннополис.

Несмотря на достигнутые положительные результаты, темпы внедрения технологии «Умный город» в российских городах значительно ниже, чем в развитых странах мира. К наиболее важным факторам, снижающим эффективность применения технологии «умного города» в России, относятся следующие:

– деятельность местных властей по внедрению технологии «умного города» ниже;

– коммерческая деятельность по внедрению более дорогих новых технологий «умного города» ниже;

– граждане не желают внедрять новые технологии, особенно «зеленые»;

– отсутствие необходимых разработок, связанных с особенностями российских условий.

Как видно из списка, наиболее серьезным препятствием для внедрения технологии умного города является низкая активность местных властей, обычно связанная с отсутствием необходимых финансовых ресурсов. Однако благодаря большому объему первоначальных инвестиций дальнейшее применение "умных технологий" может сэкономить много денег.

Источники

1. Портал «Умные города» [Электронный ресурс]. URL: https:// smartcity.cnews.ru/ (дата обращения: 10.10.2022).
2. Сообщество роботехников [Электронный ресурс]. URL: https:// robo-hunter.com/news/5-samih-umnih-gorodov-mira-i-smart-tehnologii-kotorie-oni- ispolzuyt11521 (дата обращения: 23.10.2022).
3. Цифровая платформа «Умный город» [Электронный ресурс]. URL: https://rosatom.city/ (дата обращения: 23.10.2022).
4. «Умные города» и «умные регионы»: территории роста [Электронный ресурс]. URL: https://events.kommersant.ru/events/22-24-marta-umnye-goroda-i-umnye-regiony-territorii-rosta-mezhregionalnyj-onlajn-marafon/ (дата обращения: 21.10.2022).
5. Умный город Ведомственный проект Минстроя России [Электронный ресурс]. URL: https://russiasmartcity.ru/ (дата обращения: 20.10.2022).
6. Принципы и перспективы развития проекта «Умный город» [Электронный ресурс]. URL: https://roskvartal.ru/tehnologii-v-zhkh/11260-umnoe-zhkh-plany-i-deystvuyuschie-resheniya-po-razvitiyu-otrasli (дата обращения: 20.10.2022).
7. Перспективы развития умных и безопасных городов [Электронный ресурс]. URL: https://abireg.ru/newsitem/90449/ (дата обращения: 23.10.2022).

УДК 621-313.3

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УЛИЧНЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ

Бакирова Рузиля Ралифовна[1], Денисова Алина Ренатовна[2]
[1,2] ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]r.bakirowa2017@yandex.ru, [2]denisova_ar@mail.ru

В данной работе предложен алгоритм интеллектуальной системы управления электроснабжением установок уличного освещения. Рассмотрена система регулирования светового потока светильника за счет применения технологий нейронных сетей, позволяющих системе уличного освещения настраиваться самостоятельно**.**

Ключевые слова: электроснабжение, система уличного освещения, энергоэффективность, нейросетевые технологии.

INTELLIGENT STREET LIGHTING CONTROL SYSTEMS

Bakirova Ruzila Raliffen's[1], Denisova Alina Renatovna[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]r.bakirowa2017@yandex.ru, [2]denisova_ar@mail

The article offers an algorithm of an intelligent system of control of power supply of street lighting installations. The system for regulating the luminous flux of the lamp is considered due to the use of technologies of neural networks, allowing the street lighting system to be adjusted independently.

Keywords: electricity supply, street lighting system, energy efficiency, neural network technologies.

Одной из важнейших составляющих энергетической системы города, обеспечивающих комфортную жизнь жителей города, является система уличного освещения. При ее неисправностях увеличивается количество как дорожно-транспортных происшествий в темное время суток, так и совершаемых преступлений, что приводит к ухудшению качественного уровня жизни людей. Система уличного освещения крупных городов являются энергоемкими объектами, расход электроэнергии которой может достигать 40 % от общего энергопотребления города [1]. Поэтому эффективное управление энергопотреблением системы уличного освещения является одной из наиболее важных задач модернизации энергетической системы города.

Осветительные сети в современных городах являются сложной энергоемкой системой, для эффективной работы которой требуется создание интеллектуального принципа управления. Существующие способы управления уличным освещением не соответствуют современным требованиям эффективного функционирования. Внедрение интеллектуальных систем управления освещением, позволит одновременно измерять, анализировать, диагностировать и снижать потребление электрической энергии, обеспечивая гибкость управления в условиях неопределенности входных данных. Ввиду наличия множества случайных факторов, таких как погодные условия, изменение продолжительности световых суток, старение светильников, формализация зависимости мощности осветительной установки от внешней освещенности затруднена.

Существующие в настоящее время системы управления уличным освещением по критерию способа управления можно разделить на следующие группы [2]:

1. Системы ручного управления. Включение и отключение осветительных установок в таких системах производится вручную обслуживающим персоналом.

2. Системы управления по заданному временному графику. В таких системах задается график включения/отключения осветительных установок и система автоматически управляет осветительными установками в соответствии с этим графиком. В настоящее время в Российской Федерации в основном используется данный способ управления осветительными установками.

3. Системы управления по освещенности. Регулирование мощностью в таких системах осуществляется согласно жесткому алгоритму по показаниям датчика освещенности. Данный способ управления только начали постепенно внедрять в системы управления уличным освещением.

Наиболее эффективным методом из рассмотренных является управление по показаниям датчика освещенности. Однако, существующие в настоящее время системы автоматического управления, использующие информацию с датчиков освещенности, работают, как правило, по жестким алгоритмам, заложенным на этапе проектирования системы, в результате чего, эти системы не могут учитывать влияние различных случайных факторов, которым может подвергаться система уличного освещения в процессе работы. Следовательно, в условиях крупных городов, при существенном влиянии случайности и неопределенности внешних факторов они не могут обеспечить принятия наиболее эффективного решения.

С использованием нейросетевых технологий разработан и программно реализован алгоритм интеллектуальной системы управления электроснабжением установок уличного освещения с обучением на основе метода обратного распространения ошибки. Разработанная программная часть системы управления функционирует в двух режимах: обучение нейронной сети; управление осветительной установкой.

Особенностями программы являются:

– изменение целевого значения освещенности дорожного покрытия;

– получение обучающей выборки непосредственно в процессе работы осветительной установки и ее сохранение в табличном виде для дальнейшей обработки при принятии решения.

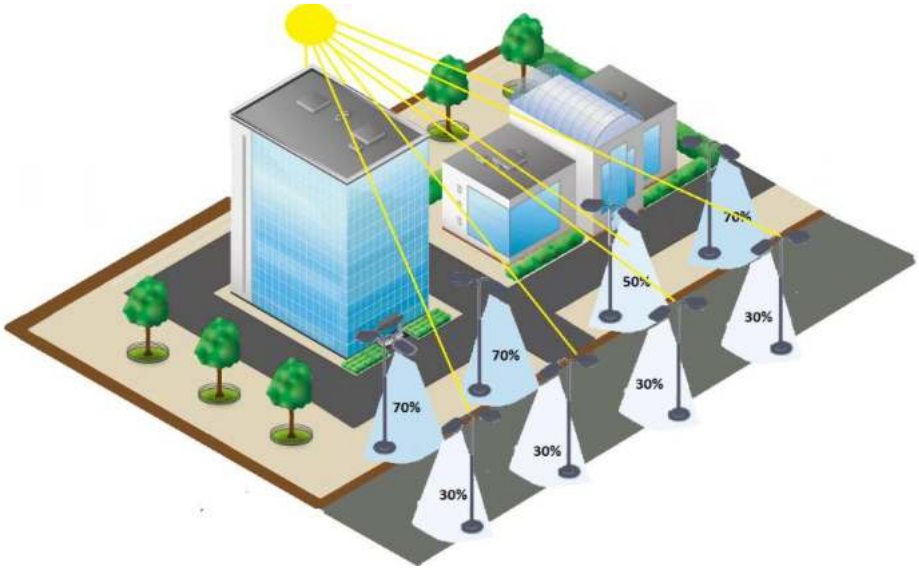
Основной функциональной зависимостью системы управления уличным освещением, является зависимость мощности осветительной установки от естественной освещенности $P = f(E)$. Для получения этой зависимости необходимо определить зависимость освещенности, создаваемой на дорожном покрытии осветительной установкой от ее мощности $E_{осв} = f(P)$. На вид этой зависимости будут оказывать влияние кривая силы света светильника, его конструктивные параметры, а также погодные факторы. Освещенность на улице можно представить как сумму освещенности, создаваемой осветительной установкой и естественной освещенности $E_{д.п} = E_{осв} + E$.

Регулирование светового потока светильников мы предлагаем осуществлять с помощью разработанной нами системы ADL-system [4–6].

Система автоматического регулирования светового потока светильника включает в контроллер и фотодатчик, подключенных к системе управления светодиодным светильником обеспечивая его регулирование. Эта система автоматически поддерживает освещенность под светильником на нормируемом уровне, уменьшая или повышая световой поток светильника. Система интегрируется в каждый светильник, не требуя обвязки слаботочным кабелем, и осуществляет регулирование светильников независимо друг от друга. Принцип работы ADL-system реализует функцию автодиммирования.

Программа контроллера ведет расчеты в относительных величинах и является самообучаемой, поэтому она не требует калибровки и дальнейшей поверки. В течение всего срока службы система будет поддерживать нормируемый уровень освещённости несмотря на деградацию светодиодов и ухудшение свойств рассеивателя светильника.

Кроме регулирования светового потока на каждом светильнике имеется необходимость контроля включения и отключения освещения, регулирования освещенности объединённых укрупненных групп светильников (протяженные магистрали, районы, территории парков и пр.). Для таких систем необходим глобальный подход, который позволит организовать контроль освещения в зависимости множества внешних факторов. Для решения этих задач считаем оптимальным использование архитектуры нейронной сети (НС) в виде трехслойного перцептрона с одним нейроном во входном и выходном слоях и 10 нейронами в скрытом слое. В качестве функции активации использовалась бинарная сигмоидальная функция: $f(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$. Выбор данной функции обусловлен простотой нахождения ее производной, и как следствие, уменьшением затрат процессорного времени во время обучения НС. Обучение НС производится методом обратного распространения ошибки. Достоинствами данного метода являются его высокая эффективность, а также простота реализации. Для данного метода обучения необходимо иметь совокупность векторов входных значений освещенности E={E1 , E2 ,...En } и соответствующих им выходных значений мощности P={P1 , P2 ,...Pn }, при которых работа системы управления будет считаться эффективной. На начальном этапе работы, сведения об элементах обучающей выборки отсутствуют, что затрудняет процесс обучения сети. Поэтому, в разработанном алгоритме предполагается обучение НС в процессе работы системы управления.



Уменьшение светового потока светильников в зонах присутствия естественного освещения

Заключение. Внедрение предлагаемой системы управления уличным освещением, основанный на интеграции способа управления светового потока на каждом отдельном светильнике и управление укрупненными группами с помощью искусственного интеллекта, позволит получить адаптивное интеллектуальное освещение городской среды. Это реализуется за счет применения технологии нейронных сетей, позволяющей системе уличного освещения самонастраиваться в зависимости от изменяющихся условий внешней среды (погодные условия, непредвиденные, случайные факторы).

Источники

1. Эннс О. Интеллектуальные системы уличного освещения // Энергосбережение. 2008. № 1. С. 58–62.

2. Госвами А.Д., Дас Б., Мазумдар С. Разработка системы интеллектуального уличного освещения с GSM управлением на базе Arduino // Светотехника. 2021. № 5. С. 77–83.

3. Денисова А.Р., Сибгатуллин Э.Г. Повышение энергоэффективности при использовании системы автоматического регулирования светового потока // Электроэнергия. Передача и распределение. 2020. № 1 (58). С. 38–39.

4. Абдуллина Г.Р., Денисова А.Р., Сибгатуллин Э.Г. Энергоэффективный способ энергосбережения с помощью светильников с датчиками // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VI Нац. науч.-практ. конф. В 2 т. Казань, 2020. С. 324–327.

5. Абдуллина Г.Р., Денисова А.Р. Алгоритм управления световым потоком автодиммируемых светодиодных светильников // Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники: матер. III Всерос. науч.-практ. конф. Казань, 2021. С. 360–365.

УДК 621.31

ПРОСЬЮМЕРСТВО КАК СПОСОБ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЖКХ

Баранова Вера Сергеевна[1], Саитов Станислав Радикович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]v_baranova02@mail.ru, [2]caapel@mail.ru

Просьюмерство как явление появилось относительно недавно, но уже успело охватить множество сфер жизнедеятельности, в том числе и энергетику. Понятие означает то, что в современных условиях потребитель также может стать производителем, например, люди могут получать дополнительный доход от продажи лишней электроэнергии государству. В России существует несколько нормативных документов, регламентирующих просьюмерство в энергетике. В статье рассматриваются проблемы, связанные с реализацией этого явления.

Ключевые слова: просьюмерство, зеленый тариф, микрогенерация.

PROSUMERING AS A WAY OF ENERGY SAVING IN HUSALITIES

Baranova Vera Sergeevna[1], Saitov Stanislav Radikovich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]v_baranova02@mail.ru, [2]caapel@mail.ru

Prosumerism as a phenomenon appeared relatively recently, but has already managed to cover many areas of life, including energy. The concept means that in modern conditions the consumer can also become a producer, for example, people can receive additional income from the sale of excess electricity to the state. In Russia, there are several regulatory documents regulating prosumerism in the energy sector. The article deals with the problems associated with the implementation of this phenomenon.

Keywords: prosumerism, feed-in tariff, microgeneration.

В настоящее время есть возможность стать просьюмером в энергетике. Термин «просьюмер», образованный от двух слов: producer, означающее «производитель» и consumer – «потребитель», был придуман Элвином Тоффлером в книге «Третья волна» 1981 года [1]. К сегодняшнему дню концепция термина получила дальнейшее развитие особенно в отношении массовой настройки, маркетинга и социальных сетей. В энергетике стало возможно появление просьюмерства благодаря развитию и доступности технологий возобновляемой энергии для потребителя.

Просьюмеров энергии не всегда называют просьюмерами. Европейская комиссия называет потребителей энергии «активными потребителями» и определяет их как: «клиент или группа совместно действующих потребителей, которые потребляют, хранят или продают электроэнергию,

вырабатываемую в своих помещениях, в том числе через агрегаторы, или участвуют в реагировании на спрос или энергоэффективности» при условии, что эта деятельность не является их основной коммерческой или профессиональной деятельностью» [1].

Просьюмерство в энергетике означает продажу излишков электроэнергии, произведённой для собственных нужд. В России для просьюмеров существует зеленый тариф, благодаря которому происходит внедрение передовых технологий в жизни потребителей. Зеленый тариф – это доход, который потребители получают от продажи государству излишек электроэнергии из альтернативных источников энергии [2]. С помощью зеленого тарифа можно продавать излишки с солнечных батарей, ветрогенераторов, микро-гидроэлектростанции и биомассы, биотоплива. Для продажи излишек электроэнергии нужно заключить договор с энергосбытовой компанией, а для присоединения к сети обратится с сетевой компании.

Для развития альтернативной энергетики на законодательном уровне были приняты и разработаны следующие нормативные документы:

1. «План мероприятий по стимулированию развития генерирующих объектов на основе возобновляемых источников энергии с установленной мощностью до 15 кВт» в 2017 г. [4].

2. Федеральный закон № 471-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об электроэнергетике» в части развития микрогенерации» в 2019 г. [7].

3. Постановление «О внесении изменений в некоторые акты Правительства РФ в части определения особенностей правового регулирования отношений по функционированию объектов микрогенерации» в 2021 г. [5].

Данные нормативные документы позволяют продавать электроэнергию только владельцам частных домов, для жителей многоквартирных домов это, к сожалению, невозможно. К продаже электроэнергии разрешено не более 15 кВт/ч, но продажа излишек не относится к предпринимательской деятельности, значит просьюмеры не платят налог на доход. Государство покупает у просьюмеров излишки электроэнергии по оптовым ценам. С 1 июля 2022 г. действует постановление Правительства РФ, отменяющее льготную ставку за технологическое присоединение к электрическим сетям в размере 550 руб., теперь ставка за 1 кВт будет стоит от 3000 руб./кВт до 10 000 руб./кВт в зависимости от региона и времени подключения [6].

Таким образом, для большинства населения просьюмерство мало возможно из-за неосведомленности об этом новом направлении, а также из-за дороговизны оборудования и подключения к сети.

Источники

1. Kirsi Kotilainen. Energy Prosumers' Role in the Sustainable Energy System [Электронный ресурс] // Encyclopeadia of the UN Sustainable Development Goals: Affordable and Clean Energy. URL: https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/978-3-319-71057-0_11-1 (дата обращения: 01.11.2022).

2. Зеленый тариф в России 2021 [Электронный ресурс]. URL: http://top arsenal.ru/zelyonyj-tarif-v-rossii-2021 (дата обращения 01.11.22).

3. Саитов С.Р., Чичирова Н.Д., Чичиров А.А. Баромембранные технологии в схеме водоподготовки Уфимской ТЭЦ-1 // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2017. № 2 (34). С. 58–67.

4. План мероприятий по стимулированию развития генерирующих объектов на основе возобновляемых источников энергии с установленной мощностью до 15 кВт (далее – микрогенерация ВИЭ) [Электронный ресурс]: утв. зам. Председателя Правительства Российской Федерации А. Дворкович 19 июля 2017 г. URL: http://government.ru/news/28559/ (дата обращения: 01.11.2022).

5. О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации в части определения особенностей правового регулирования отношений по функционированию объектов микрогенерации [Электронный ресурс]: Постановление Правительства РФ от 2 марта 2021 г. № 29. Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».

6. О внесении изменений в некоторые акты правительства РФ по вопросам технологического присоединения энергопринимающих устройств потребителей электрической энергии к электрическим сетям и признании утратившими силу отдельных положений некоторых актов правительства РФ: Постановление Правительства РФ от 30 июля 2022 г. № 1178. Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».

7. О внесении изменений в Федеральный закон «Об электроэнергетике» в части развития микрогенерации: принят Госдумой 11 декабря 2019 г., одобрен Советом Федерации 23 декабря 2019 г. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

УДК 621.313.3

ОСНОВНЫЕ КРИТЕРИИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Бережной Ярослав Анатольевич
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
berezhnoy96@list.ru

В статье проведен краткий анализ нормативной документации электротехнического характера и рассмотрены основные критерии эффективности при проектировании систем электроснабжения жилых зданий и помещений. Перечислены возможные методы совершенствования СЭС.

Ключевые слова: системы электроснабжения, критерии эффективности, стандартизация и метрология, электротехника, нетрадиционная электроэнергия.

THE MAIN CRITERIA FOR IMPROVING POWER SUPPLY SYSTEMS

Berezhnoy Yaroslav Anatolievich
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
berezhnoy96@list.ru

The article provides a brief analysis of regulatory documentation of an electrical nature and considers the main criteria for efficiency in the design of power supply systems for residential buildings and premises. Possible methods for improving PSS are listed.

Keywords: power supply system, efficiency criterion, standardization and metrology, electrical engineering, non-traditional electricity.

Системы электроснабжения (далее СЭС) представляют собой одну из критически важных функций, необходимых для оснащения и сдачи в приемку жилых зданий и комплексов. Проектирование СЭС включает в себя перечень сложных процессов, к которым относятся: сбор данных об объектах электроснабжения (площадь, планировка, техническое оснащение и т. д.), расчет максимального уровня потребления энергии и нагрузок на электрические сети, непосредственно создание схем электроснабжения помещений с подбором оборудования и оптимизацией нагрузки на внутренние и внешние сети. Очевидно, что для реализации такой сложной системы необходимо не только учитывать требования нормативной документации, но и уметь находить индивидуальные решения в каждом конкретном случае.

Проектирование электроснабжения жилых зданий и помещений регламентируется международными, европейскими и российскими стандартами и нормативами. К наиболее значимым российским документам относятся: ряд стандартов ГОСТ Р 50571 [1], СП 31-110-2003 [2], СП 256.1325800.2016 [3], СП 118.13330.2012 [4], Правила устройства электроустановок [5]. Все нормативы и правила создаются в соответствии со стандартами Международной электротехнической комиссии, что позволяет обеспечивать и поддерживать высокое качество в области электрических, электротехнических и прикладных работ.

На основании анализа приведенной выше документации можно выделить определенные требования, предъявляемые к планированию и реализации СЭС. Среди них: обеспечение безопасности, сохранение качества и работоспособности всех элементов СЭС, максимальное соответствие создаваемых проектов функциональному назначению зданий и помещений, снижение энергозатрат, унификация методов оценки качества работ.

К примеру, в Своде правил по проектированию и строительству №118.13330.2012 «Общественные здания и сооружения» практически все указанные требования наглядно отражены в отдельных пунктах: п. 5 отражает параметры безопасности, п. 6 – критерии надежности, п. 7 – санитарно-эпидемиологические требования, п. 9 – параметры долговечности (что напрямую влияет на экономические показатели).

Перечисленные требования относятся как к традиционно реализуемым СЭС, так и к внедряемым инновациям, а потому можно считать их основными критериями эффективности предлагаемых улучшений [6, 7].

Так, в настоящее время все более распространенными становятся источники нетрадиционной энергии (ветро-, фото-, приливно-отливная генерация энергии), гибридные системы электроснабжения и проч. Предлагаются различного рода организационно-технические мероприятия по улучшению электроснабжения, модификации экономических механизмов электроснабжения, новые методы стимулирования работников, методологии контроля и оценки качества, осуществляется работа в области государственной политики по вопросам регулирования СЭС.

Формирование четкого критериального перечня позволит выбрать из всего многообразия предлагаемых усовершенствований СЭС наиболее эффективные, а также сэкономить и временные и финансовые ресурсы, которые могли бы быть затрачены на реализацию нерентабельных или даже небезопасных проектов. Следовательно, можно предположить, что на итоги оценки эффективности влияют не только измеряемые параметры, но и такие понятия как полезность и результативность.

Таким образом, основными критериями при проектировании СЭС жилых зданий являются:

1) принципиальность и соответствие стандартам и установленным нормативам;

2) внедрения различного рода инновационных мероприятий;

3) принятия нетрадиционных решений в рамках соответствия их установленным нормам и правилам.

Следует однако отметить, что важность этих критериев существенным образом зависит от позиции оценки: потребителям скорее будут важны безопасность, надежность электроснабжения и качество электроэнергии, тогда как с позиции надсистемы экономический критерий останется первоочередным.

Источники

1. Серия действующих стандартов ГОСТ Р 50571 [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultelectro.ru/page/50571 (дата обращения: 18.10.2022).

2. СП 31-110-2003. Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий [Электронный ресурс]. URL: https:// vizart.pro/upload/files/sp_31_110_2003.pdf (дата обращения: 18.10.2022).

3. СП 256.1325800.2016. Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа. М., 2016. 123 с.

4. СП 118.13330.2012. Общественные здания и сооружения [Электронный ресурс]: утв. Приказом Минрегиона России от 29 декакбря 2011 г. № 635/10. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

5. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) [Электронный ресурс]. 7-е изд. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200030218 (дата обращения: 18.10.2022).

6. Виноградов А.В. К определению эффективности систем электроснабжения // Вестник НГИЭИ. 2017. № 7 (74). С. 26–35.

7. Булатов Ю.Н., Крюков А.В., Суслов К.В. Исследование режимов работы изолированной системы электроснабжения с управляемыми установками распределенной генерации, накопителями электроэнергии и двигательной нагрузкой // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 5. С. 184–194.

УДК 658.264

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМНОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В СФЕРЕ ЖКХ

Брехов Евгений Викторович[1], Фетисов Леонид Валерьевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]brekhov_zhenya@mail.ru, [2]leonidfetisov@mail.ru

В данной статье предложено использование автономных систем теплоснабжения зданий с целью повышения их энергоэффективности и рассмотрены ключевые преимущества и недостатки данных систем.

Ключевые слова: энергосбережение, автономная система теплоснабжения, автономный источник тепла (АИТ), тепловые потери.

THE USE OF AN AUTONOMOUS HEAT SUPPLY SYSTEM IN ORDER TO INCREASE ENERGY SAVING IN THE HOUSING AND UTILITIES SECTOR

Brekhov Evgeny Victorovich[1], Fetisov Leonid Valerievich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]brekhov_zhenya@mail.ru, [2]leonidfetisov@mail.ru

This article proposes the use of autonomous heating systems of buildings in order to increase their energy efficiency and discusses the key advantages and disadvantages of these systems.

Keywords: energy saving, autonomous heat supply system, autonomous heat source (AHS), heat losses.

На сегодняшний день одной из главных причин, приводящих к аварийным и кризисным состояниям системы теплоснабжения жилищно-коммунального хозяйства России, является низкий уровень коррозионной стойкости трубопроводной сети, по которой доставляется теплоноситель. При этом тепловые потери в отдельных районах страны могут достигать 50 %, что недопустимо. Для решения данной проблемы существует энергосберегающая технология теплоснабжения ЖКХ, которая позволяет не только уменьшить общую протяженность тепловых сетей, но и в некоторых ситуациях полностью от них отказаться. Применение автономных систем теплоснабжения в районах с развитой системой газификации, позволяющие строить не магистральные, а внутриквартальные сети теплоснабжения, позволит решить эту проблему, повысив общую энергоэффективность и снизив риски возникновения аварийных ситуаций[1]. Кроме того, данное технологическое решение дает возможность задать параметры теплоносителю 115–170 °С, что положительно скажется на износостойкости стальных труб системы.

Осуществить создание автономной системы теплоснабжения возможно путем строительства автономных источников тепла (АИТ) [2]. При использовании данных источников тепла пропадает необходимость строительства магистральных сетей теплоснабжения и дополнительных узлов рассечек насосных станций, что в свою очередь снижает капитальные затраты. Уровень тепловых потерь в данной системе снижается до минимума, повышая энергоэффективность всей системы в целом. Помимо снижения потерь, также сокращается расход воды, необходимой для подпитки тепловых сетей, и расход электрической энергии, затрачиваемой на перекачку теплоносителя.

Строительство АИТ подразумевает по сути переход от централизованной системы теплоснабжения к децентрализованной. При разработке децентрализованной системы могут использоваться автономные крышные, встроенные, пристроенные и отдельностоящие котельные отдельных объектов жилого, коммунально-бытового, а также промышленного назначения. Благодаря наличию четкой нормативной документации, такой как СНиП II-35-76 «Котельные установки» [3] и «Свод Правил по проектированию и строительству. Проектирование автономных источников теплоснабжения» СП 41-104-2000 [4] и содержащимся в них рекомендациям по правильному выбору оборудования, становится возможным решение вопросов рационального размещения оборудования, топливоснабжения, дымоудаления, электроснабжения и автоматизации АИТ.

Среди перечисленных автономных источников тепла более рациональным и экономически оправданным является крышной АИТ, при котором исчезает необходимость строительства не столько магистральных, но и внутриквартальных сетей теплоснабжения. В таком случае происходит увеличение капитальных затрат на установку крышного АИТ примерно на 10–15 % по сравнению с пристроенным автономным источником тепла. Эти затраты в полной мере компенсируются большей энергоэффективностью системы, которая достигается, соответственно, путем ликвидации промежуточных непроизводительных потерь и снижения экологического ущерба окружающей среде за счет уменьшения количества сжигаемого топлива.

Одним из важных достоинств автономных систем теплоснабжения является возможность индивидуального регулирования тепловой нагрузки [5]. Также к достоинствам можно отнести отсутствие крупных тепловых сетей, которые служат источниками тепловых потерь и повышение общей

энергоэффективности системы. С другой стороны, необходимость в дополнительных площадях для установки АИТ, обеспечение индивидуального обслуживания и ремонта, а также повышение капитальных затрат на строительство являются недостатками автономных систем теплоснабжения.

Таким образом, в экономически и экологически оправданных случаях в результате создания автономной системы теплоснабжения появляется возможность исключения ненадежных звеньев системы теплоснабжения, которыми являются трубопроводные сети, с одновременным повышением энергетической эффективности системы за счет уменьшения или полного устранения непроизводительных потерь.

Источники

1. Пути повышения энергоэффективности в сфере инженерного обеспечения ЖКХ [Электронный ресурс]. URL: https://revolution.allbest.ru/manufacture/00769919.html (дата обращения: 30.10.2022).
2. Иванов В.А. Исследование целесообразности использования автономных систем теплоснабжения на Севере // Актуальные вопросы технических наук : матер. I Междунар. науч. конф. Пермь, 2011. С. 57–58.
3. СП 89.13330.2016. Котельные установки [Электронный ресурс]: утв. Приказом Минстроя России от 16 декабря 2016 г. № 944/пр. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
4. СП 41-104-2000. Проектирование автономных источников теплоснабжения [Электронный ресурс]: утв. постановлением Госстроя России от 16 августа 2000 г. № 79. Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».
5. Основные преимущества и недостатки автономных источников теплоснабжения по сравнению с централизованными [Электронный ресурс]. URL: https://studopedia.ru/7_71906_osnovnie-preimushchestva-i-nedostatki-avtonomnih-istochnikov-teplosnabzheniya-po-sravneniyu-s-tsentralizovannimi.html?ysclid=l9vlto7mf083311652 (дата обращения: 30.10.2022).

УДК 620.92

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Валеев Аяз Ильнурович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]wotaaiaz@gmail.com

В работе рассмотрены варианты использования нетрадиционных источников энергии для отопления жилых помещений, таких как солнечные коллекторы и воздушные камины. Изучены их характеристики и актуальность установки и эксплуатации.

Ключевые слова: теплоснабжение, коллектор, камин, источники энергии

HEAT SUPPLY OF RESIDENTIAL PREMISES USING NON-TRADITIONAL ENERGY SOURCES

Valeev Ayaz Ilnurovich
Kazan State Power Engineering University, Kazan
wotaaiaz@gmail.com

The article discusses options for using non-traditional energy sources for heating residential premises, such as solar collectors and air fireplaces. Their characteristics and relevance of installation and operation are studied.

Keywords: heat supply, collector, fireplace, energy sources.

Мировой экономический кризис и неустойчивая цена основных топливных ресурсов на рынке располагает к поиску и использованию нетрадиционных источников энергии. Такой подход к вопросу о теплоснабжении является более экологичным по сравнению с традиционными способами отопления. Рассмотрим некоторые из возможных вариантов отопительных систем: солнечный коллектор и воздушный камин.

Солнечный коллектор – это устройство для сбора тепловой энергии солнца, передаваемого в виде излучения, и передачи этого тепла в материал-теплоноситель. Принцип работы солнечных коллекторов основан на трансформации лучистой энергии солнца в тепловую энергию [2]. Происходит это путем нагревания циркулирующего в коллекторе теплоносителя (чаще всего воды) и последующей передачи накопленного тепла.

Солнечные лучи, попадая на коллектор, преобразуются и нагревают теплоноситель, который по трубопроводу поступает в бак или в систему теплоснабжения. В конструкции таких коллекторов есть различия в коллекторах. Существуют плоские и вакуумные коллекторы.

Плоский солнечный коллектор нагревает теплоноситель при помощи пластинчатого абсорбера. Абсорбер – это пластина теплоемкого металла. К нижней поверхности пластины плотно прилегает змеевидная трубка, по которой и циркулирует жидкость.

Вакуумные коллекторы работают по иному принципу. Главным рабочим элементом в вакуумных моделях является не пластина абсорбера, а система вакуумированных трубок и теплосборник [1].

Преимуществами такого способа отопления является отсутствие постоянного материального топлива, экономичность эксплуатации и безвредность для экологии [3]. Недостатками же этого варианта отопления является невозможность полноценного использования в зимний период, когда световой день значительно короче, чем в летнем периоде. Поэтому такие коллекторы могут являться лишь вспомогательным видом отопления, например, как дополнение к газовому котлу, которое будет уменьшать расход газа.

Воздушный камин – устройство, которое использует тепло сгорания твердых веществ (чаще обычных дров) для отопления помещения. К простому камину подключаются конвекционные трубки, которые распределяют тепло сгорания по всем комнатам.

Устройство имеет несколько особенностей, влияющих на эффективность и высокий (по сравнению с очагами открытого типа) КПД. Принцип работы заключается в следующем:

1. Горение происходит в топке закрытого типа. Огонь не контактирует непосредственно с воздухом в помещении. Кислород, необходимый для горения, поступает через специальные конвекционные каналы.

2. Нагрев комнаты осуществляется с помощью естественной или принудительной конвекции воздушных потоков.

3. Теплый воздух поступает в комнаты здания, через систему воздуховодов. Для увеличения теплоэффективности применяется принудительное распределение воздуха.

Недостатком такого способа отопления является необходимость постоянного подвода топлива для горения и наличии дымохода. Кроме того, такой способ отопления не является экологически чистым из-за наличия выбросов в виде продуктов горения [4].

Использование нетрадиционных источников энергии, таких как солнечные конвекторы и воздушные камины безусловно оправдано, и имеет смысл для экономии потребления природного газа. Однако они имеют свои недостатки и не могут использоваться как автономный источник отопления [5].

Источники

1. Возобновляемые источники энергии в изолированных населенных пунктах Российской Арктики: моногр. / В.Х. Бердин [и др.]. М.: Всемирный фонд дикой природы, 2017. 80 с.
2. Карпенко А.Ф. Логистика поступления солнечной энергии в природные системы Беларуси. Гомель: ГГУ, 2017. 195 с.
3. Власов И.С. Применение солнечных коллекторов в индивидуальных жилых домах // Наука и образование: новое время. 2018. № 6. С. 1–2.
4. Альтернативные топливно-энергетические ресурсы: экономико-управленческие аспекты использования в условиях инновационного развития общества / В.В. Богатырева [и др.]. Новополоцк: ПГУ, 2017. С. 208–212.
5. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика. 3-е изд., доп. СПб.: Издательство политехнического университета, 2016. С. 105–108.

УДК 621-313.3

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ ЛОКАЛЬНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ВТОРИЧНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД

Волков Владислав Вадимович[1], Ивуков Даниил Романович [2],
Ахмедова Ольга Олеговна[3]
[1,2,3]Камышинский технологический институт (филиал)
ФГБОУ ВО «ВолгГТУ», г. Камышин
[1]vladislavvolkov97290@gmail.com, [2]lvukovdaniil@gmail.com, [3]Ahmedova-olga@mail.ru

Для качественной очистки сточных вод до допустимого бактериологического уровня предлагается создать локальную установку, в которой оптимальным образом будет подобрано интенсивность и время воздействия электрофизических методов и их последовательность, что позволит уменьшить энергозатраты без ухудшения показателей качества очистки, снизить потребление водных ресурсов за счет повторного использования сточных вод и сохранит окружающую среду от сбросов некачественно очищенных стоков в водоемы.

Ключевые слова: электрофизические методы очистки, вторичное использование, сточные воды.

IMPROVING THE EFFICIENCY AND REDUCING ENERGY CONSUMPTION OF LOCAL WASTEWATER TREATMENT PLANTS FOR SECONDARY USE OF WASTEWATER

Volkov Vladislav Vadimovich[1], Ivukov Daniil Romanovich[2], Akhmedova Olga Olegovna[3]
[1,2,3]Kamyshinsky Institute of Technology (branch)
FGBOU VO “VolgSTU”, Kamyshin

For high-quality wastewater treatment up to an acceptable bacteriological level, it is proposed to create a local installation in which the intensity and time of exposure to electrophysical methods and their sequence will be optimally selected, which will reduce energy consumption without deterioration in the quality of treatment, reduce water consumption through reuse of wastewater and save the environment from discharges of poorly treated wastewater in reservoirs.

Keyboards: electrophysical methods of purification, secondary use, waste water.

В настоящее время уровень загрязнённости окружающей среды продуктами жизнедеятельности человека в густонаселённых местах достигает критической отметки (рис. 1). В населённых пунктах, где не имеется подключения к существующей централизованной канализационной сети,

возникает необходимость в использовании локального электротехнического комплекса водоочистки, способного производить обеззараживание вод от хозбытовых стоков с высокой степенью очистки для ее повторного использования (рис. 2) [2].

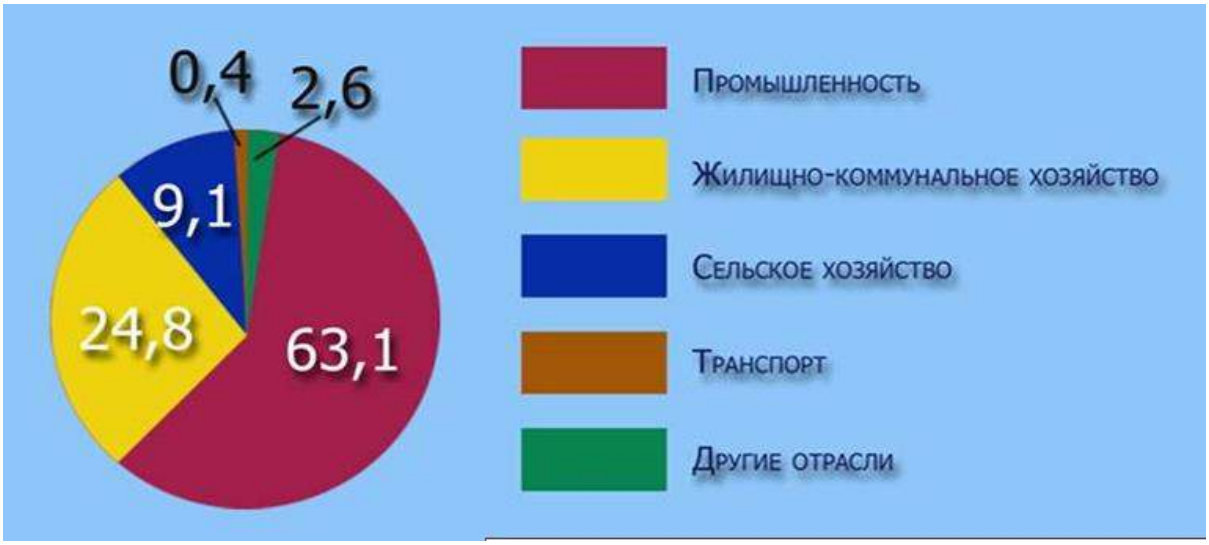


Рис. 1. Основные источники образования сточных вод и объем их сброса

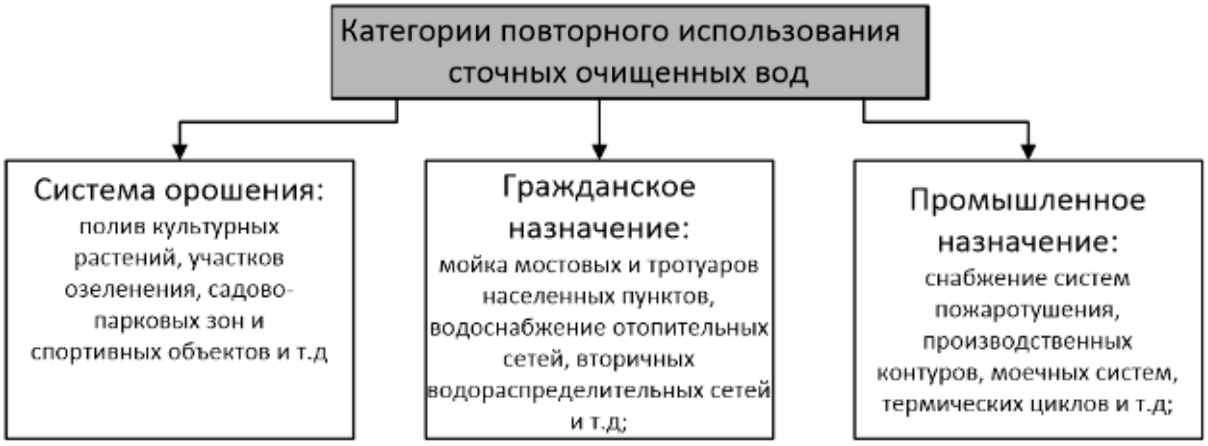


Рис. 2. Категории повторного использования сточных вод

Традиционные методы обработки воды для обеспечения требуемого качества недостаточны. Необходимы новые альтернативные технологий очистки и дезинфекции, при помощи которых удастся снизить уровень содержания в воде микробов и выйти на требуемый уровень качества воды при относительно невысокой стоимости энергозатрат. Наиболее перспективными электрофизическими методами обеззараживания воды является: УФ-облучение, озонирование, ультразвуковая и СВЧ обработка [3–5]. Эффективное использование возможно в случае «направленного» применения для деструкции загрязнений.

Успешное решение этой задачи возможно при комплексном подходе, основанном на разработке эффективных технологических схем и использовании оборудования для применения комплексной очистки сточных вод от биологически стойких органических загрязнений и тяжелых металлов [1, 3, 4].

Инновационный подход заключается в разработке установки, использующей энергосберегающую технологию посредством оптимально подобранной интенсивности и периода воздействия электрофизических методов на сточные воды, позволяющей улучшить микробиологические показатели, снизить потери электроэнергии за счёт эффективно подобранной конструкции электротехнического комплекса водоочистки и использовать повторно очищенную воду. Кроме того, разработанная технология не предусматривает добавления химических реагентов, в результате не происходит генерирование токсичных веществ [5].

Источники

1. Акопян В.Б., Ершов Ю.А. Основы взаимодействия ультразвука с биологическими объектами. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. 224 с.

2. Карпов В.Н., Ракутько С.А. Энергосбережение в оптических электротехнологиях АПК. СПб.: СПбГАУ, 2009. 97 с.

3. Алексеев С.Е. Применение озонирования для интенсификации процессов очистки природных и сточных вод // Водоочистка. 2007. № 2. С. 23–26.

4. Применения ультразвука для обеззараживание воды / Л.М. Василяк [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. 2007. № 8. С. 6–9.

5. Пилотные испытания ультрафиолетового обеззараживания на московских станциях водоподготовки / А.В. Коверга [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. 2008. № 4. С. 15–22.

УДК 621.313.3

РЕВЕРСИВНЫЕ СВЕТОФОРЫ КАК ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Гадельшина Вилена Радиковна[1], Роженцова Наталья Владимировна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]vilena.gadelshina.00@mail.ru, [2]natalia15969@mail.ru

В статье рассмотрен такой метод управления дорожным движением, как интеллектуальный реверсивный светофор. Приведен способ оптимизации дорожного движения.

Ключевые слова: интеллектуальный светофор, дорожное движение, искусственная нейронная сеть, транспортный поток.

REVERSIBLE TRAFFIC LIGHTS AS INTELLIGENT TRAFFIC MANAGEMENT

Gadelshina Vilena Radikovna[1], Rozhentsova Natalia Vladimirovna[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]vilena.gadelshina.00@mail.ru, [2]natalia15969@mail.ru

The article considers such a method of traffic control as an intelligent reversible traffic light. A way to optimize traffic is given.

Keywords: intelligent traffic light, traffic, artificial neural network, traffic flow.

Заторы на дорогах в Казани довольно частая проблема в сфере организации дорожного движения. Причиной тому – неоптимальная и неэффективная работа светофоров.

Всего в городе 437 светофоров, 162 из которых работают в адаптивной системе [1]. Несмотря на такие данные, некоторое количество перекрестков нуждается в улучшении светофорного цикла и адаптации светофоров по существующему трафику. Большие заторы – «пробки», образуются на дорогах, ведущих в город по утренние и вечерние часы, когда население, живущее на окраинах и в пригороде, дружно, в спешке устремляется на работу или возвращается с нее [2].

В такой дорожной ситуации может помочь введение реверсивного движения. Это особый режим организации движения на дороге, при котором транспортные средства в разные периоды времени могут двигаться по специальным реверсивным полосам, причем, как в одном направлении движения, так и противоположном направлении [3]. Применение в России реверсивных светофоров (рис. 1) можно обнаружить лишь в крупных городах, таких как Москва и Санкт-Петербург.

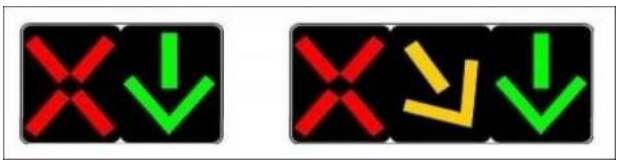


Рис. 1. Внешний вид реверсивных светофоров

Назначение этого светосигнального устройства заключается в возврате движения транспорта по двум полосам по соответствующему сигналу светодиодного светофора в пределах одной полосы дороги. Иными словами, чтобы не создавались заторы, вводятся специальные полосы. Такие светофоры обычно монтируются над 3-полосной дорогой. Основное отличие от обычных светофоров – ограниченный радиус действия.

Для оптимизации работы предлагается применять не обычные реверсивные светофоры, а оснащенные интеллектуальной системой на основе нейронной сети, а именно, использование генетических алгоритмов Генетический алгоритм обладает такими особенностями, как оптимизация, компьютерное проектирование, планирование, экономика и теория игр, так же не требуется присутствие наблюдателя, что дает возможность системе самостоятельно прогнозировать время срабатывания определенного сигнала [4].

В Казани предлагается ввести реверсивное движение на трассе Большие Кабаны – Сокуры, выезд со стороны Горьковского шоссе, Салмочи, в центре на Пушкина, около КГЭУ (рис. 2).

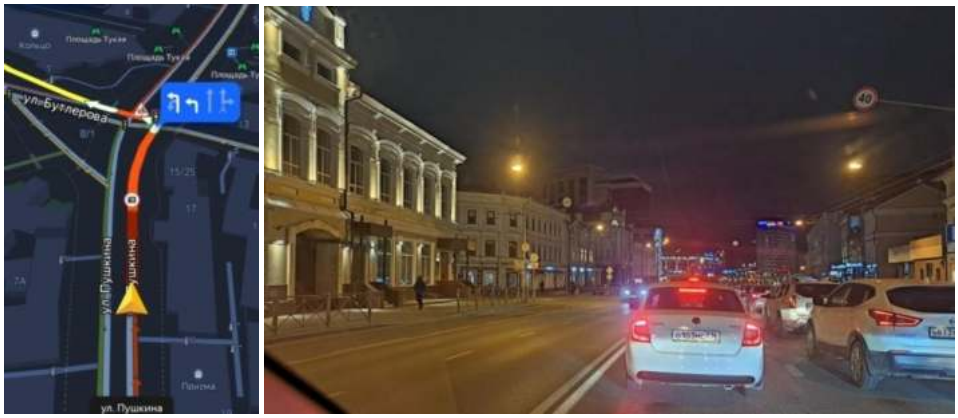


Рис. 2. Пробки в центре Казани, где целесообразно было бы установить реверсивные светофоры

Надежность светосигнального оборудования будет сильно зависеть от эффективности способов поддержки оптимального теплового режима работы светодиодов, заложенных в конструкцию [5].

Источники

1. Реверсивное движение на дорогах [Электронный ресурс]. URL: https://profi196.ru/pages/reversivnoe-dvizhenie-na-dorogah-58 (дата обращения: 13.10.2022).

2. Григорьев Д.А. Перспективы использования реверсивного движения // Инновации. Наука. Образование. 2021. № 31. С. 244–246.

3. Тимофеева О.П., Малышева Е.М., Соколова Ю.В. Проектирование интеллектуальной системы управления светофорами на основе нейронной сети // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. С. 238.

4. Дивеев А.И., Басов А.Ю. Генетический алгоритм синтеза оптимального закона управления потоком транспорта в сети автодорог // Вестник РУДН. Сер.: Инженерные исследования. 2003. № 2. С. 77–82.

5. Шириев Р.Р., Борисов А.Н., Валеев А.А. Об обеспечении теплового режима светодиодного источника света // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 3. С. 112–120.

УКД 621.31

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯЗЫКОВ СТАНДАРТА МЭК61131-3

Гурлихина Юлия Сергеевна[1], Денисова Алина Ренатовна[2]
[1,2] ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]gurlikhina99@mail.ru, [2]denisova_ar@mail.ru

На сегодняшний день все большую популярность набирает использование солнечных панелей как дополнительный источник электроэнергии среди населения России. Увеличение генерирования электроэнергии солнечных панелей является актуальной. Одним из способов решения данной проблемы является управление положением солнечных панелей. В данной работе описывается один из методов управления позиционированием солнечных панелей.

Ключевые слова:солнечный трекер, солнечные панели, программирование ПЛК, сол-нечная электростанция.

DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR POSITIONING SOLAR PANELS USING THE LANGUAGES OF THE MEK61131-3 STANDARD

Gurlikhina Yulia Sergeevna[1], Denisova Alina Renatovna[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]gurlikhina99@mail.ru, [2]denisova_ar@mail.ru

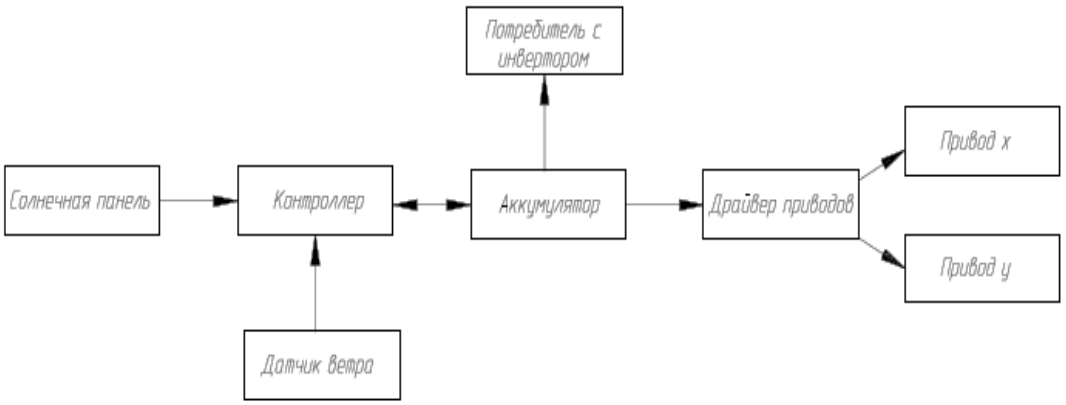
To date, the use of solar panels as an additional source of electricity among the population of Russia has become increasingly popular. The increase in electricity generation of solar panels is current. One way to solve this problem is to control the position of the solar panels. This paper describes one of the methods of control of positioning of solar panels.

Keywords: solar tracker, solar panels, PLC programming, solar power plant.

Солнечная электростанция наиболее производительна только в пиковые солнечные часы, в остальное время выработка электроэнергии минимальна [1]. Для повышения эффективности работы солнечных панелей можно использовать их совместно с солнечным трекером. Трекер солнечных панелей – это механизм, который по определенной заданной траектории, осуществляет автоматический поворот за вслед за солнцем. Так в течение дня на их поверхность попадает больше прямых лучей,

что повышает общую эффективность выработки электроэнергии [2]. Позиция Солнца непостоянна и изменяется в течение дня и года [3]. Важным моментом является угол наклона и направление панели в каждый момент времени. Оптимальным является угол в 45°, ориентированные на юг.

Предлагается система управляется двумя независимыми двигателями для управления шагом и опусканием/поднятием панели [4]. При этом панель может поворачиваться на 180° как вокруг оси x (подача), так и вокруг оси z [5]. Структурная схема системы показана рисунке.



Структурная схема установки

Электрооборудование, используемое вместе с солнечными батареями, заряжается от самих же панелей. Солнечная панель подключается к контроллеру, таким образом питая его. В то же время к контроллеру подключается датчик ветра через драйвер, он передает данные о скорости ветра. Контроллер управляет двумя актуатарами, один отвечает за изменение положения по оси x, второй по оси y через драйвер актуаторов. За определение положения актуаторов в данный момент отвечают датчики Холла. В системе присутствует аккумулятор предназначенныйдля питания потребителя через инвертор предназначенный для преобразования из постоянного тока в переменный.

Известно, что за один час солнце проходит по небосводу с востока на запад путь, соответствующий угловому перемещению на $\alpha = 15°$ по горизонтальной оси. Основываясь на этих данных, сделаем автоматизацию движения панелей в зависимости от времени суток.

Для этого надо внести переменные времени: *X*1 – в 7:00 утра панель находится в положении 0°; *X*2 – через 3 ч, т. е. в 10:00 поворот еще на 45°; X3 – через 3 ч на 45° в 13:00; *X*4 – вечер 16:00 плюс 45°; *X*5 – ночь 19:00 поворот панели на восток, в исходное состояние. Панели будут поворачиваться с помощью актуатара 1.

С помощью датчика ветра мы можем отслеживать скорость ветра, контроллер подаст сигнал на привод в том случае, если датчик ветра даст сигнал через настроенный драйвер который будет пропускать только сигнал при ветре больше 20 м/с, тогда панель должна будет повернуться из угла β= 45° в положение параллельно земле, после панель возвращается на угол β = 45°. Это позволит избежать поломки панели и всей установки от повреждений ветром [5]. Если время поворота угла *x* совпало с *y*, то срабатывают оба привода по обоим осям. То есть панель поворачивается на α = 45° с помощью привода по горизонтальной оси и одновременно с этим датчик дает сигнал что скорость больше 20 м/с и панель по вертикальной оси и привод поворачивает панель параллельно плоскости земли.

Данная система реализуется с помощью языков программирования стандарта МЭК 61131-3.

Таким образом, была разработана автоматизированная система позиционирования солнечных панелей, повышающая генерацию электроэнергии. При использовании автоматизированного трекера солнечных панелей можно увеличить выработку электроэнергии на 30 %.

Источники

1. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Брежнев И.В. Исследование проблем качества электроэнергии в сетях напряжением 0,4 кВ // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 1 (53). С. 109–121.

2. Солнечный трекер: эффективность и подводные камни [Электронный ресурс]. URL: https://nova-sun.ru/solnechnye-paneli/komplektuyushhie/solnechnyj-treker.(дата обращения: 15.10.2022).

3. Погорелов И.А., Гурский Ф.А., Панченко В.А. Разработка трекера для солнечных модулей // Инновации в сельском хозяйстве. 2018. № 2. С. 226–231.

4. Хусаенов И.А., Денисова А.Р., Роженцова Н.В. Использование альтернативных источников энергии для питания удаленных от энергосистемы потребителей // Федоровские чтения: матер. XLIII Междунар. науч.-техн. конф. М., 2013. С. 178–179.

5. Грузков А.А., Матвиенко В.Д., Харламова П.А. Проектирование фасадной панели, движущейся за солнцем // Инновации и инвестиции. 2019. №. 11. С. 265–269.

УДК 621-313.3

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Карташов Даниил Леонидович[1], Денисова Алина Ренатовна[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]karta.shov00@mail.ru

В статье предложена автоматизация диагностики силового трансформатора при помощи интеллектуальных систем.

Ключевые слова: интеллектуальная система, силовой трансформатор, диагностика.

INTELLIGENT POWER TRANSFORMER DIAGNOSTICS SYSTEM

Kartashov Daniil Leonidovich[1], Denisova Alina Renatovna[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]karta.shov00@mail.ru

The article proposes automation of diagnostics of a power transformer using intelligent systems.

Keywords: intelligent system, power transformer, diagnostics.

Трансформаторы являются основными электроустановками в распределении и преобразовании электрической энергии, поэтому к ним предъявляются одни из самых жестких требований по обеспечению надежности электроснабжения потребителей.

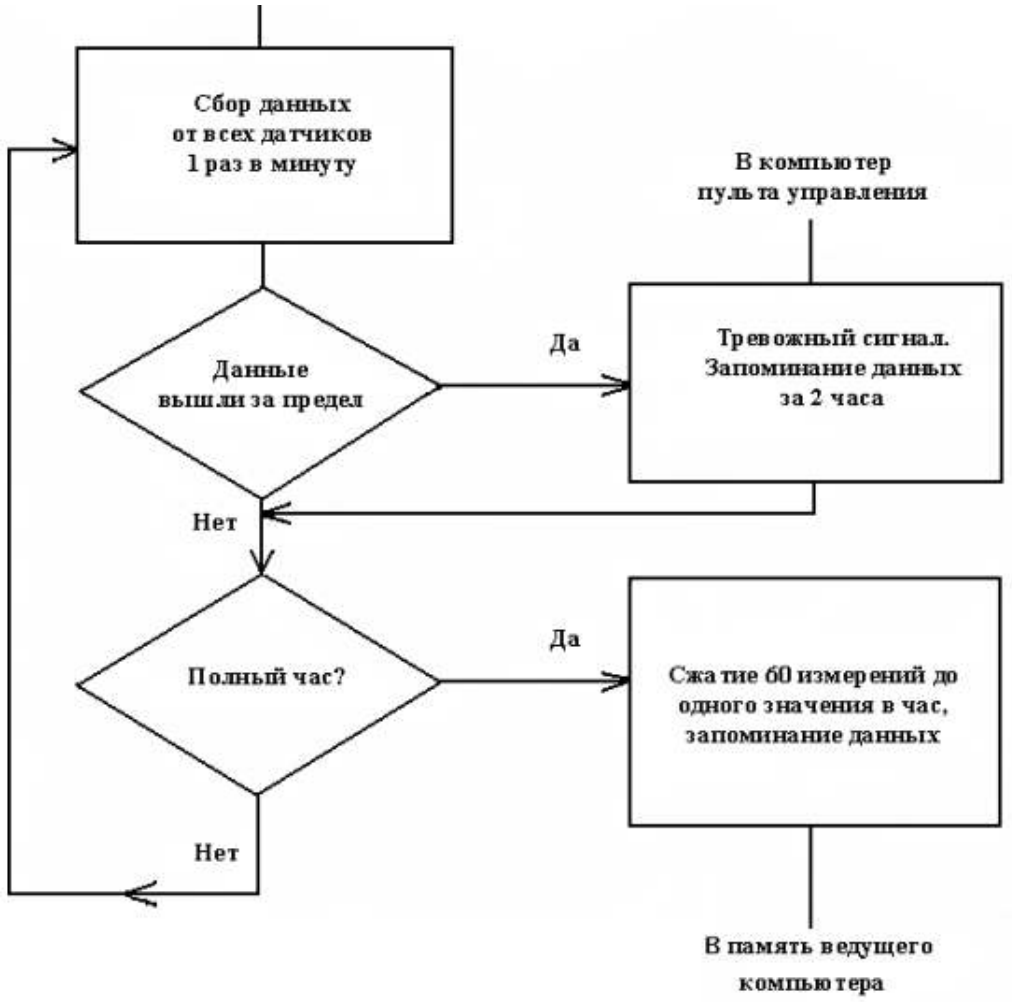
В настоящее время диагностика трансформатора требует проведения ряда сложных и трудоемких испытаний, так как современные методы диагностики не всегда могут точно указать на место дефекта и причину ненормированной работы. Для проведения этих испытаний необходимо отключение трансформатора и его расшиновка, что требует остановку производства и ведет к дополнительным экономическим потерям [6].

Срок службы многих трансформаторов на сегодняшний день подходит к нормативному значению, что ведет увеличению аварийности, во избежание этого следует обеспечивать эффективный контроль за техническим состоянием трансформатора.

Основные причины серьезных повреждений силовых трансформаторов при эксплуатации это повреждение обмоток, высоковольтных вводов и устройств РПН по причине развития дефектов, так же из-за ошибок монтажа, ремонта и эксплуатации [3].

Система интеллектуальной диагностики силового трансформатора должна контролировать следующие параметры: ток, напряжение; температура отдельных элементов; интенсивность частичных разрядов; газосодержание масла; влагосодержание масла; техническое состояние системы РПН. Диагностическая система должна базироваться на следующих видах оценки: применение экспертной базы, использование оперативных данных, рекомендации нечеткой логики, выводов нейронной логики, оптимизации биогенезисных алгоритмов.

Система должна непрерывно контролировать состояние и работу трансформатора без его отключения. Такой контроль обеспечивается за счет снятия сигналов с датчиков, которые установлены на трансформаторе. Сигналы поступают на микропроцессорные блоки, которые содержат схемы для измерения и преобразования в цифровой вид, передаваемый для визуализации оператору на экран центрального компьютера (см. рисунок).



Алгоритм работы интеллектуальной системы диагностики силовых трансформаторов

Вся совокупность собранных данных непрерывно передается в интеллектуальный программный модуль, который после сравнения каждого параметра с нормативными пределами, определяет причину ненормированной работы. Границы допустимых зон измеряемых параметров вносятся в базу знаний при помощи кода. При выявлении неизвестного кода, то есть отклонения от нормированных значений, система предупреждает об этом оператора.

Интеллектуальные системы производят диагностику непрерывно без участия, в данном процессе, человека, что снижает риск совершения ошибок, при выявлении причины неисправности трансформатора.

В заключении можно сказать, что диагностика силовых трансформаторов при помощи интеллектуальных систем позволит снизить экономические и временные потери на диагностический мониторинг.

Источники

1. Килин С.В. Системы мониторинга и диагностики технического состояния трансформатора // Наука и Образование. 2019. Т. 2, № 4. С. 292.
2. Авдеев Б.А., Вынгра А.В. Совершенствование системы регулирования напряжения твердотельного трансформатора в интеллектуальных сетях электроснабжения // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2022. Т. 65, № 3. С. 74–79.
3. Львов М.Ю. Анализ повреждаемости силовых трансформаторов напряжением 110 кВ и выше // Электричество. 2012. № 1. С. 71–74.
4. Вилков С.А. Обзор современных способов диагностирования силовых трансформаторов и автотрансформаторов [Электронный ресурс] // «Современные научные исследования и инновации». 2012. № 9. URL: https://web.snauka.ru/issues/2012/09/16794 (дата обращения: 13.10.2022).
5. Галушко В.Н., Евдасев И.С., Громыко И.Л. Совершенствование диагностики трансформаторов с помощью сверточных нейронных сетей // Вестник Белорусского государственного университета транспорта: наука и транспорт. 2021. № 2 (43). С. 79–83.
6. Брякин И.В., Бочкарев И.В. Система мониторинга технического состояния силового трансформатора по состоянию масла // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 1 (53). С. 34–46.

УДК 621.389

ОЧИСТКА ВОЗДУХА МЕТОДОМ ИОНИЗАЦИИ

Мальцев Илья Сергеевич
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
Ilyamlcv12@yandex.ru

В данной статье предлагается использование ионизатора в качестве устройства очистки воздуха, который действует при помощи отрицательно заряженных аэроионов.

Ключевые слова: ионизация, очистка, аэроионы, воздух, здоровье.

AIR PURIFICATION BY IONIZATION METHOD

Maltsev Ilya Sergeevich
Kazan State Power Engineering University, Kazan
Ilyamlcv12@yandex.ru

This article suggests the use of an ionizer as an air purifier using negatively charged aeroions.

Keywords: ionization, purification, aeroions, air, health.

Воздух в помещениях загрязнен различными бактериями и пылью. Здоровому человеку достаточно проветрить помещение, но для людей с болезнями дыхательных путей этого недостаточно.

Для решения проблемы очистки воздуха я предлагаю ионизатор, собранный на базе люстры Чижевского. Ионизация происходит за счет электрода, который под высоким напряжением вырабатывает электроны. Они в свою очередь заряжают частицы воздуха – аэроионы.

Ионизатор способствует уничтожению бактерий и очистки воздуха, но также может принести вред живым существам. В связи с этим, нужно регулировать количество аэронов, а также нахождение человека в радиусе работы аппарата. Для решения этой задачи, на мой взгляд, нужно внедрить регулировку количества аэроионов, которые вырабатывает ионизатор. Эту задачу можно решить, регулируя напряжение, подаваемое на прибор.

Российский ГОСТ регулирует параметры прибора. В частности, концентрация положительных аэроионов нормируется в диапазоне от 400 до 50000 ионов/см^3, а отрицательных – от 600 до 5000 ионов/см^3 [1].

Вывод. Очистка воздуха при помощи ионизации достаточно эффективна и может положительно сказаться на здоровье человека. Но также, переизбыток аэроионов в воздухе будет негативно сказываться на людях. Поэтому, в предложенном ионизаторе нужно регулировать количество выделяемых частиц в нормируемом диапазоне.

Источники

1. «Мир электрики» [Электронный ресурс]: сайт. URL: https://vamfaza.ru (дата обращения: 23.10.2022).
2. Панов В.Г. «Люстра Чижевского – прибор долголетия» [Электронный ресурс]. URL: https://royallib.com/book/panov_viktor/yustra_chigevskogo__pribor_dolgoletiya.html (дата обращения: 13.10.2022).
3. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [Электронный ресурс]: утв. постановлением Главного государственного санитарного врача Рос. Федерации от 28 января 2021 года № 2. URL: https://fsvps.gov.ru/sites/default/files/npa-files/2021/01/28/sanpin1.2.3685-21.pdf (дата обращения: 13.10.2022).

УДК 621.313

О ПРОБЛЕМЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЭЦ

Мартынов Дмитрий Сергеевич[1], Шириев Равиль Рафисович[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]Martynovdima11@gmail.com, [2]shrr@list.ru

В работе предложены мероприятия по модернизации тепловой электрической станции с целью повышения эффективности работы и уменьшения тепловых выбросов в атмосферу.

Ключевые слова: эффективность работы электростанций, тепловые выбросы, газотурбинная теплоэлектростанция.

ON THE PROBLEM OF INCREASING THE EFFICIENCY OF THERMAL POWER PLANTS

Martynov Dmitry Sergeevich[1], Shiriev Ravil Rafisovich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]Martynovdima11@gmail.com, [2]shrr@list.ru

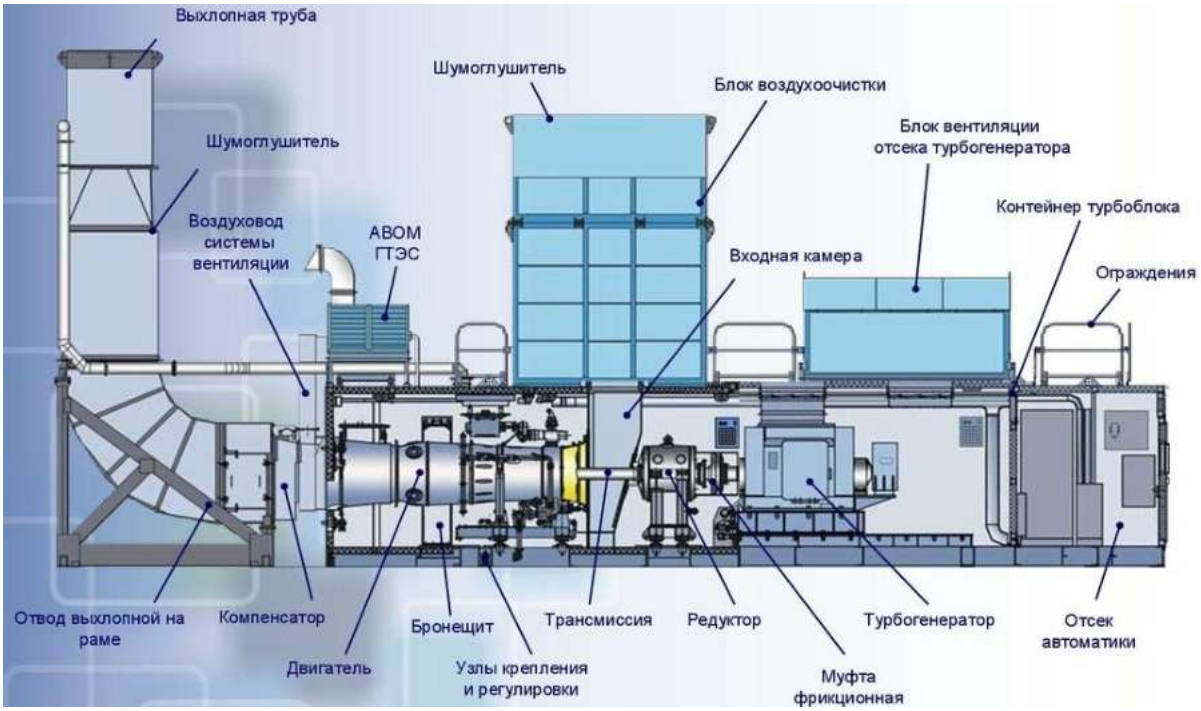
The paper proposes measures to modernize the power plant in order to increase the efficiency of work and reduce thermal emissions into the atmosphere.

Keywords: efficiency of power plants, thermal emissions, gas turbine thermal power plant.

Тепловые выбросы являются одной из весомых причин изменения температурных градиентов окружающей среды и неизбежному нарушению естественных процессов экосистемы. Большая часть всего объема выбросов и технологических отходов приходится на топливно-энергетический комплекс [1].

Сокращения объемы выбросов загрязняющих атмосферу веществ возможно добиться посредством повышения эффективности производства электроэнергии, что улучшит в целом экологическую и экономическую обстановку [2].

Рассмотрим газотурбинную теплоэлектростанцию (ГТУ-ТЭЦ). На рисунке изображена схема ГТУ-ТЭЦ электрической мощностью 16,0 МВт, и тепловой мощностью 22,0 Гкал/ч. Данная ГТУ-ТЭЦ при всех указанных потерях энергии на входе и выходе, в редукторе, генераторе, затратах на собственные нужды (1 %) и затратах электроэнергии на привод дожимного компрессора (5 %) при совместном производстве электроэнергии и тепла будет производить на отпуск 15,04 МВт электроэнергии и 21,98 Гкал/ч тепла, и иметь КПД использования топлива 86,1 %.



Энергетическая схема ГТУ-ТЭЦ электрической мощностью 16 МВт и тепловой мощностью 22 Гкал/ч

Анализ устройств таких теплоэлектростанций показал, что на объектах генерации с использованием технологии ГТУ-ТЭЦ в виду и так высокого КПД (около 85 %), зачастую не применяются технологии уменьшения выбросов высокотемпературных выхлопных реактивных газов в атмосферу [3–5].

Для решения данной проблемы можно совместить газотурбинные установки, котлы-утилизаторы (КУ) и паровую турбину (ПТ) для производства дополнительной электроэнергии и тепла за счет выхлопных реактивных газов с невысоким КПД около 50 %. Однако даже эти 50 % будут достигаться за счет снижения выбросов ранее выбрасываемого потенциала энергоустановки и, повышая ее КПД выше ранее указанных 85 %.

Котел-утилизатор представляет собой большой теплообменник, через который несколькими контурами проходят водяные трубопроводы [5]. В замкнутый контур подается вода, которая проходит через горячий теплообменник и нагревается до кипения, часть воды испаряется, вращая турбину, образуя первый контур. Оставшаяся вода после повышения ее давления тоже доводится в КУ до кипения, образуя второй контур, и цикл повторяется снова. Такая многоконтурная система позволяет уменьшить температуру и повысить КПД энергоустановки. Кроме того, выброс тепла

и диоксида углерода в атмосферу осуществляется при невысокой температуре, близкой к температуре окружающей среды, тем самым снижая парниковый эффект.

Таким образом, обширное применение парогазотурбинных установок для генерации электрической и тепловой энергии позволит значительно сократить выбросы тепла и диоксида углерода, а также сэкономить топливо по сравнению со стандартными ТЭС на 25–30 %, за счет получения больших показателей генерируемых мощностей с неизменного количества топлива.

Источники

1. Исследование двухконтурной теплофикационной ПГУ при ее работе по тепловому графику / Д.А. Трещев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 4. С. 27–42.

2. Росляков П.В., Плешанов К.А., Стерхов К.В. Исследование естественной циркуляции в испарителе котла-утилизатора с горизонтальными трубами // Теплоэнергетика. 2014. № 7. С. 3–10.

3. Иваницкий М. С. Анализ технологических условий образования и выгорания канцерогенных ПАУ в продуктах сгорания котлов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 5. С. 131–138.

4. Комплексные исследования ТЭС с новыми технологиями: моногр. / П.А. Щинников [и др.]. Новосибирск: Изд- во НГТУ, 2005. 528 с.

5. Хуторненко С.Н., Фурсов И.Д., Пронь Г.П. Котлы-утилизаторы, предназначенные для работы в составе энергоблоков ПГУ // Ползуновский вестник. 2013. № 4/3. С. 117–122.

УДК 620.9

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ

Мубаракшина Рузиля Радиковна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
ruzilya.mubarakshina.01@mail.ru

В данной работе представлены современные энергосберегающие технологии в ЖКХ, описана актуальная проблема нерационального потребления энергии людьми. Проанализированы основные факторы энергоэффективности и описаны мероприятия, который помогут повысить важность решения данной проблемы.

Ключевые слова: экономия, энергосберегающие технологии, эффективность, рациональное потребление, ЖКХ, теплоизоляция, энергоэффективность.

MODERN TRENDS IN THE USE OF ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES IN THE HOUSING AND UTILITY COMPLEX

Mubarakshina Ruzilya Radikovna
Kazan State Power Engineering University, Kazan
ruzilya.mubarakshina.01@mail.ru

This paper presents modern energy-saving technologies in housing and communal services, describes the actual problem of irrational energy consumption by people. The main factors of energy efficiency are analyzed and measures are described that will help increase the importance of solving this problem.

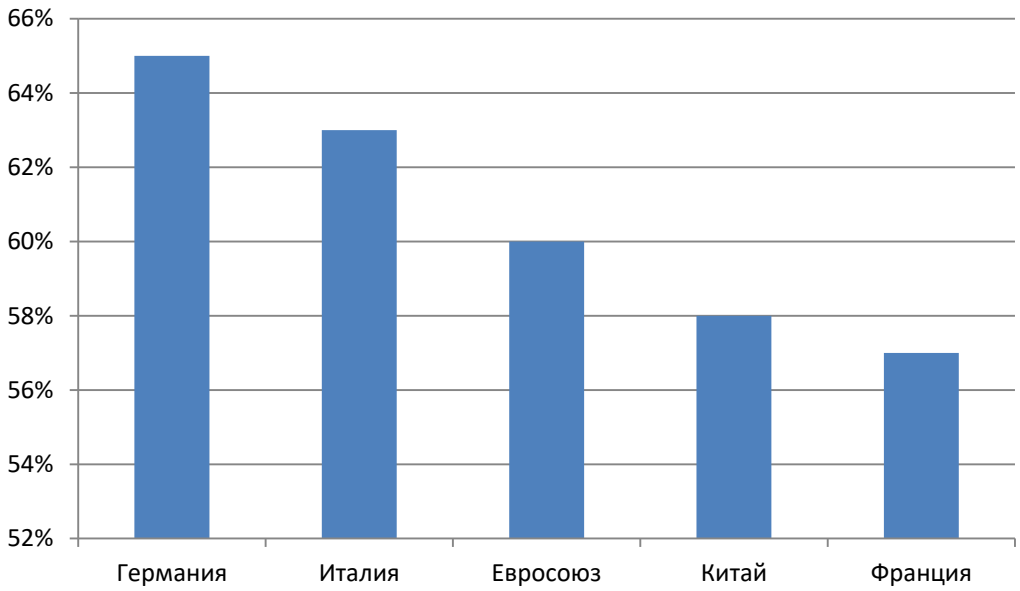
Keywords: economy, energy-saving technologies, efficiency, rational consumption, housing and communal services, thermal insulation, energy efficiency.

Поскольку экономика РФ отличается высокой энергоемкостью, необходимы меры по обеспечению энергосбережения: преодоление технической нагрузки промышленности, оснащение предприятий новыми энергосберегающими оборудованиями, модернизация жилищно-коммунального хозяйства, привлечение необходимого объема инвестиций [1].

Энергосбережение является одной из актуальных задач любого государства [2]. В настоящее время существует проблема нерационального потребления энергии не только промышленных предприятий, но и самого

человека. Именно люди часто не обращают внимания на свои сформировавшие привычки и при этом тратят большие деньги за энергопотребление в быту [3]. Существует множество энергосберегающих технологий, которые позволяют сэкономить значительные суммы за коммунальные платежи. Например, утепление дома, использование жидких обоев, установка терморегуляторов, а также замена простых лапочек накаливания на энергосберегающие лампочки.

Для решения проблемы по энергосбережению многие эксперты используют системный подход. На сегодняшний день, существуют современные технологии в области энергосбережения жилищно-коммунального комплекса. Их применение является неотъемлемой частью для повышения эффективности и экономичности (см. рисунок) [4].



Мировой рейтинг энергоэффективности стран

Выделяют основные факторы энергоэффективности:

– качество тепловой защиты;

– обеспечение требований теплового комфорта помещений;

– применение энергосберегающих технологий и др. [5].

Также, помимо применения энергосберегающих технологий, важно донести для людей про их особенности использования в повседневной жизни. Благодаря определенным мероприятиям, люди смогут осознать всю важность энергосбережения и станут более внимательны к данной тематике.

Источники

1. Медведева Г.А., Бирюкова А.Э. Современные тенденции использования энергосберегающих технологий в жилищно-коммунальном комплексе // Интернет-журнал Науковедение. 2017. Т. 9, № 2. С. 99.

2. Гилева М.А. Практико-ориентированные методы обучения энергосберегающим технологиям студентов – будущих учителей технологии // Технологическое образование и устойчивое развитие региона. 2010. Т. 4, № 1-1 (4). С. 21–25.

3. Щеголихина М.С. Энергосберегающие технологии – технологии будущего // Прогрессивные технологии и процессы : сб. науч. ст. II Междунар. молодежной науч.-практ. конф.: в 3 т. / отв. ред. А.А. Горохов. Курск, 2015. С. 193–194.

4. Хакназаров Р., Амичба, Н.З. Технология «умный дом» как энергосберегающая технология будущего // Современные технологии: актуальные вопросы, достижения и инновации : сб. ст. XXVIII Междунар. науч.-практ. конф. Пенза, 2019. С. 62–64.

5. Хацевский К.В., Кириленко Е.С. Энергосберегающие технологии искусственного освещения // Сборник научных трудов. 2013. Вып. 11. С. 132–136.

УДК 621-313.3

ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ БЕСТОПЛИВНОЙ ГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СТАНЦИЯХ

Родионов Олег Валерьевич[1], Денисова Алина Ренатовна[2]
[1,2] ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]o_rodionov1990@mail.ru, [2]denisova_ar@mail.ru

В статье описывается энергоэффективная технология бестопливной генерации электроэнергии на газораспределительных станциях на основе детандер-генераторных установок. Описывается их конструкция и принцип работы, а также особенности охлаждения газа.

Ключевые слова: детандер-генераторная установка, энергоэффективность, бестопливная генерация электроэнергии.

INTRODUCTION OF FUEL-FREE POWER GENERATION TECHNOLOGIES AT GAS DISTRIBUTION STATIONS

Rodionov Oleg Valeryevich[1], Denisova Alina Renatovna[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]o_rodionov1990@mail.ru, [2]denisova_ar@mail.ru

The article describes energy-efficient technology of fuel-free generation of electricity at gas distribution stations on the basis of detander-generator plants. Describes the design of their design and operating principle, as well as the features of gas cooling.

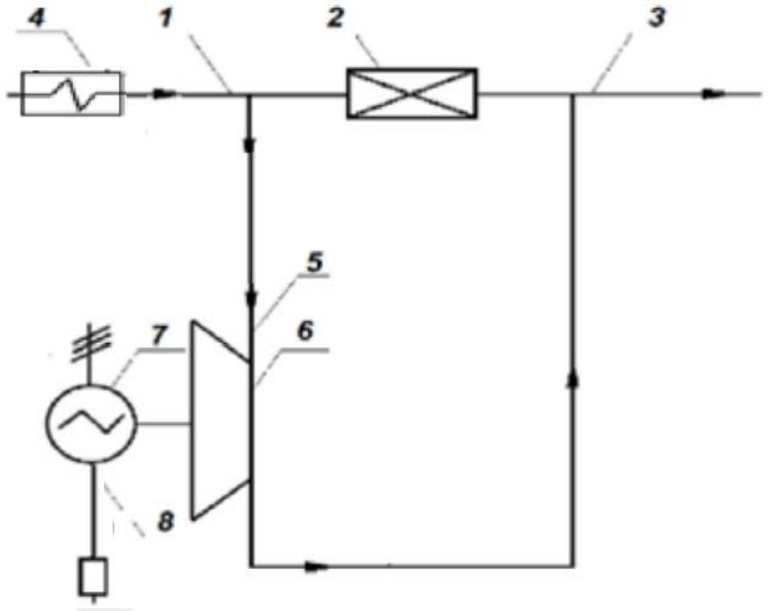
Keywords: generator-unit, energy efficiency, fuel-free generation of electricity.

Целью данной работы является внедрение технологии бестопливной генерации электроэнергии на газораспределительных станциях (ГРС) на основе детандер-генераторных установок. Детандер-генераторная установка представляет собой устройство, в котором энергия потока транспортируемого природного газа преобразуется сначала в механическую энергию в детандере, а затем в электрическую энергию в генераторе [1]. Применяются для выработки электроэнергии на газораспределительной станции при дросселировании природного газа, что позволяет вырабатывать электроэнергию для собственных нужд на бестопливной основе. На сегодняшний день повышение энергоэффективности эксплуатируемых систем является актуальной задачей [2].

В зарубежных странах имеется опыт долгосрочного использования энергии давления природного газа, поступающего из магистральных газопроводов к потребителям через редуцирующие устройства газораспределительной станции. Начиная с 1973 г. в Европе на вновь вводимых в эксплуатацию газораспределительных станций вместо редуцирующих устройств устанавливаются детандер-генераторные установки различной мощности для выработки электроэнергии на собственные нужды. К 1997 г. общее число детандер-генераторных установок уже составляло около 80 шт., а мощность их суммарно превышала 100 МВт. При этом число стран, использующих бестопливную технологию генерации электроэнергии все время увеличивается.

На данный момент, в России эксплуатируются порядка 4045 газораспределительных станций, но использование бестопливной технологии генерации электроэнергии не получило широкого применения. Например, ООО «Газпром трансгаз Казань» эксплуатирует 200 газораспределительных станций. Из них использование детандер-генераторной установки осуществлено только на одной газораспределительной станции (ГРС н. п. Елизоветино).

Рассмотрим принцип работы и подключение установки детандер-генератора (см. рисунок) [3]. Газ по магистральным газопроводам *1* на газораспределительной станции через подогреватель газа *4* поступает в дросселирующее устройство *2*, после снижения давления поступает газопровод низкого давления *3*.



Технологическая схема детандер-генераторной установки

В такую систему для снижения давления газа можно встроить детандер *6*, соединенный с генератором *7*, газ которого поступает по газопроводу *5*. Снижение давления, так же, как и через регулятор, осуществляется в детандере *6*, но при этом еще происходит выработка электроэнергии генератором *7*, которая затем по линии *8* попадается в сеть. Детандер 6 может работать как параллельно с регулятором давления газа, заменяя его частично, так и автономно.

Ограничение использования детандер-генераторной установок в газораспределительных станциях связано с некоторыми проблемами при эксплуатации. В частности, при снижении давления в детандере за счет расширения транспортируемого потока, газ охлаждается до низких температур. Поэтому для предотвращения гидратообразования и повышения КПД детандер-генераторной установки, газ необходимо дополнительно подогревать. Подогрев газа происходит перед детандер-генератором от 0 до 80 °С, что повышает его мощность на 30–35 % [3]. В связи с этим возникают дополнительные расходы энергии на подогрев газа.

Авторы [4–6] предлагают различные способы для повышения температуры природного газа в таких установках. Например, с помощью прямой или обратной сетевой воды тепловой сети водогрейных котлов, использования тепловых насосов, подогревателей газа и т. д.

В связи с этим, для эффективного использования детандер-генераторной установки необходимо наличие собственного источника тепловой энергии для подогрева природного газа перед детандер-генераторной установкой.

Однако, бестопливная генерация на газораспределительных станциях позволит решить проблему доставки электроэнергии в труднодоступных или удаленных потребителей станций.

Анализируя вышеизложенное можно с уверенностью сказать, что внедрение технологий бестопливной генерации электроэнергии на газораспределительных станциях является перспективным ресурсосберегающим мероприятием.

Источники

1. Зацепин С.С., Купцов С.М. Применение турбодетандерных установок на газораспределительных станциях // Территория «НефтеГаз». 2016. № 12. С. 50–53.

2. Энергосбережение в промышленных и коммунальных предприятиях: учеб. пособие / А.Р. Денисова [и др.]. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2010. 247 с.

3. Диких Б., Бояринов М., Авлошенко А. Обзор современных конструкций турбодетандерных генераторов. СПб.: ООО «НТЦ МТТ», 2008. 90 с.

4. Соковнин О.М., Загоскин С.Н. Утилизация энергии давления природного газа в условиях водогрейной котельной // Промышленная энергетика. 2016. № 7. С. 7–13.

5. Клименко А.В., Агабабов В.С., Борисова П.Н. Возможность производства холода и дополнительной электроэнергии на тепловой электростанции // Теплоэнергетика. 2017. № 6. С. 30–37.

6. Зарянкин А.Е., Рогалёв А.Н., Осипов С.К. Турбодетандерная система охлаждения циркуляционной воды на тепловых электрических станциях, использующих газовое топливо // Электроэнергетика глазами молодежи: тр. VI Междунар. науч.-техн. конф: в 2 т. Иваново, 2015. Т. 2. С. 428–433.

УДК 621.64.69

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ БИООТХОДОВ И ПОЛУЧЕНИЯ БИОГАЗА В МАЛОГАБАРИТНЫХ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВКАХ

Рудаков Александр Иванович[1], Аптрашитов Данис Сагитуллович[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]rud-38@mail.ru, [2]jfptrashitov@bk.ru

В настоящее время в мире использование нетрадиционных возобновляемых источников энергии (НВИЭ) достигло высокого уровня, ощутимого в энергобалансе ряда стран. Масштабы применения НВИЭ в мире непрерывно и интенсивно возрастают. Нетрадиционные, источники энергии, такие как солнечная и ветровая энергия, энергия биомассы и др. сегодня переживает второе рождение.

Ключевые слова: субстрат, биогаз, биогазовая установка, биореактор, процесс, брожение, загрузка, датчик.

AUTOMATION OF THE PROCESS OF BIOWASTE PROCESSING AND BIOGAS PRODUCTION IN SMALL BIOGAS PLANTS

Rudakov Alexander Ivanovich[1], Aptrashitov Danis Sagitullovich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]rud-38@mail.ru, [2]jfptrashitov@bk.ru

At present, the use of non-traditional renewable energy sources (NRES) in the world has reached a high level, which is noticeable in the energy balance of a number of countries. The scale of application of renewable energy in the world is continuously and intensively increasing. Non-traditional energy sources such as solar and wind energy, biomass energy, etc. are experiencing a rebirth today.

Keywords: substrate, biogas, biogas plant, bioreactor, process, fermentation, loading, sensor.

Цель настоящего статьи показать пути повышения эффективности переработки навоза для получения качественных структурированных органических удобрений с одновременным получением биогаза, генерируемого в электричество при его сжигании [1, 2, 6].

Достоинством и особенностью разработанной малогабаритной биогазовой установки является автоматизация основных технологических процессов в биореакторе [3, 5].

Процесс автоматизации был разбит на 4 этапа:

– подготовка биореактора к работе;

– запуск процесса брожения в биореакторе;

– процесс получения биогаза;

– окончание работы биореактора.

Предусмотрено выполнение первого этапа с использованием ручного и автоматического способов загрузки реактора. При ручном способе, подготовленный субстрат заливается в биореактор через загрузочную горловину. Объем заливаемого субстрата равен 0,75 объема емкости биореактора.

При автоматическом способе загрузки реактора субстратом дополнительно были использованы:

– бункер-накопитель субстрата, предназначенный для нескольких загрузок ректора;

– электрическая задвижка и насос для перекачки субстрата в биореактор;

– датчики нижнего и верхнего уровней загрузки биогазового реактора субстратом;

– программируемые реле марки ПР-110, для последовательного выполнения управляющих воздействий на систему регулирования технологического процесса.

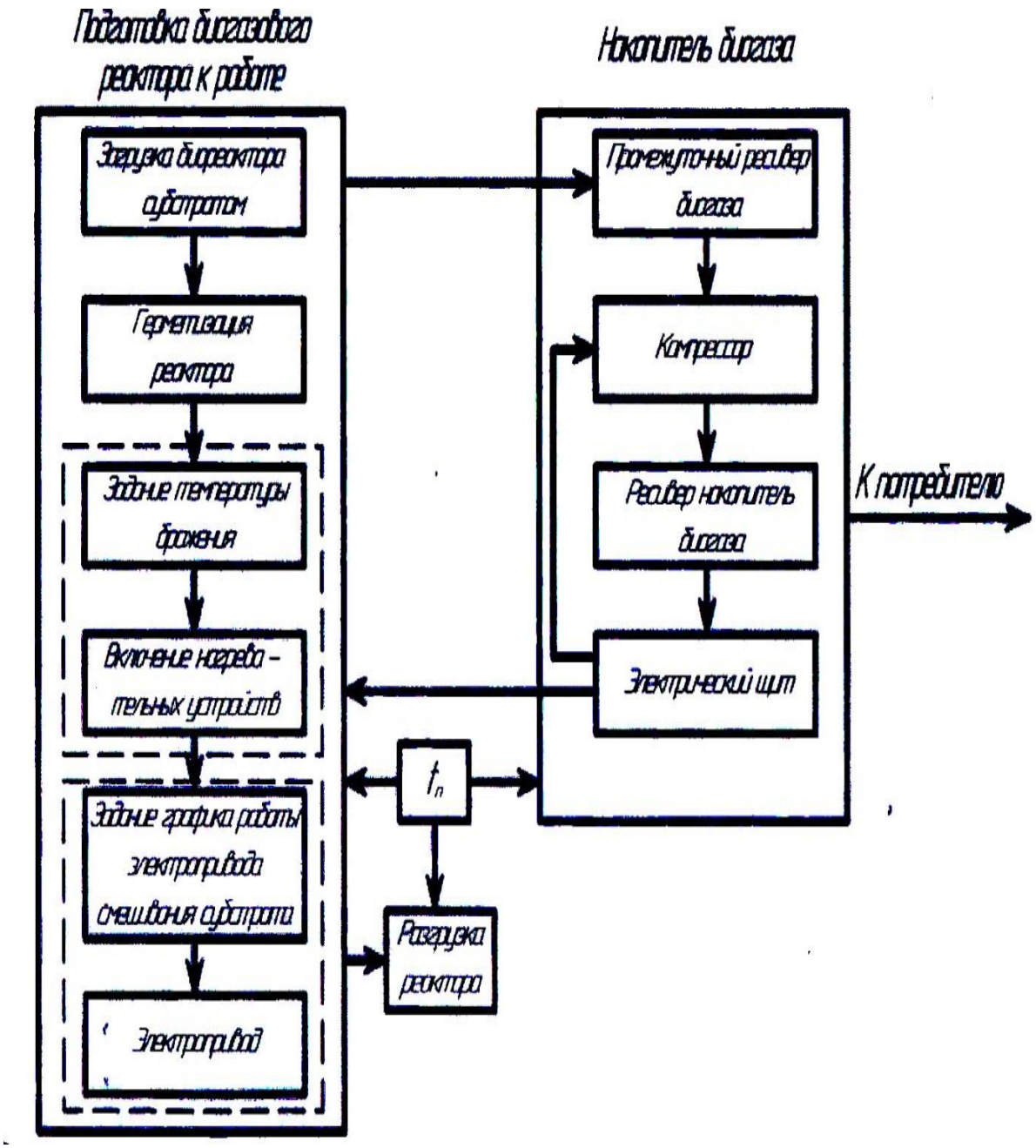
После загрузки реактора субстратом, как при ручном, так и при автоматическом способах, осуществляется герметизация биореактора [4].

Второй этап, заключающийся в запуске процесса брожения, проводится после выбора режима. Рассмотрены мезофильный режим при температуре 30–35 °С, и термофильный режим при температуре 50–55 °С. Выбранный режим позволяет осуществить настройку терморегулятора нагревательного устройства. Кроме этого на этом этапе выбирается график работы электропривода мешалки.

Третий этап – относится непосредственное к процессу получения биогаза.

Последний – четвертый, относится ко времени окончания работы биогазового реактора и разработанной биогазовой установки в целом.

На рисунке приведена структурная схема автоматизации работы реактора биогазовой установки.



Структурная схема автоматизации реактора биогазовой установки

Источники

1. Бирюков В.В. Основы промышленной биотехнологии. М.: КолосС, 2004. 296 с.

2. Блянкман, Л.М., Анисимова Н.И. Ресурсо- и энергосберегающие технологии в АПК. Минск: Ураджай, 1990. 156 с.

3. Панцхава Е.С., Пожарнов В.А. Биогазовые технологии и решение современных проблем экологии, энергетики и агрохимии в России // Перспективы энергетики. 2002. Т.6, № 2. С. 163–171.

4. Рудаков, А.И., Нурсубин М.С., Чапчин С.А. Математическая модель тепловых потоков в биореакторе биогазовой установки // Математические методы в технике и технологии: сб. тр. XXI Междунар. науч. конф.: в 11 т. Саратов, 2008. Т. 10. Информационные технологии систем и процессов ММТТ. С. 135–137.

5. Нуреев З.З., Рудаков А.И. Переносная малогабаритная биогазовая установка // Вестник КГАУ. 2012. № 4. С. 37–40.

6. Хусаенов И.А., Денисова А.Р., Роженцова Н.В. Использование альтернативных источников энергии для питания удаленных от энергосистемы потребителей // Фёдоровские чтения – 2013: матер. XLIII Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. Б.И. Кудрина, Ю.В. Матюниной. М., 2013. С. 178–179.

7. Иванова В.Р., Денисова А.Р., Семенов Д.Г. Разработка алгоритма эффективного управления основными элементами электротехнической системы биогазового оборудования // Промышленная энергетика. 2020. № 8. С. 17–26.

УДК 62.681.5

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТВНОСТИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ГИБРИДНЫХ СОЛНЕЧНО-ВЕТРОВЫХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Рудаков Александр Иванович[1], Баданов Константин Андреевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]rud-38@mail.ru, [2]badanov kosya@gmail.cov.ru

В настоящее время значительно возросло использование нетрадиционных возобновляемых источников энергии (НВИЭ). Требованиям к современным источникам удовлетворяют фото-ветровые электрические установки, способствующие выработке электроэнергии высокого качества, вне зависимости от погодных условий, эксплуатация которых проста и не вызывает дополнительных затрат для потребителя.

Ключевые слова: энергоэффективность, вертикальная электроустановка, солнце, ветер, источник, энергия, лопасть.

INCREASING THE EFFICIENCY OF VERTICAL HYBRID SOLAR-WIND ELECTRIC INSTALLATIONS ON RENEWABLE ENERGY BASE

Rudakov Alexander Ivanovich[1], Badanov Konstantin Andreevich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]rud-38@mail.ru, [2]badanov kosya@gmail.cov.ru

The use of non -traditional renewable energy sources (NVIE) has now increased significantly. The requirements for modern sources are satisfied with photographic electrical installations that contribute to the production of high-quality electricity, regardless of weather conditions, the operation of which is simple and does not cause additional costs for the consumer.

Key words: energy efficiency, vertical electrical installation, sun, wind, source, energy, blade.

В последнее время значительно увеличилось использование возобновляемых (нетрадиционных) источников энергии. Их использование значительно снижает или полностью исключает расходы на ГСМ, повышает качество используемого электричества [5–7].

Солнечная и ветряная энергия являются одним из самых востребованных направлений в электроэнергетике. Основу этого типа энергий солнце и ветер наиболее широко используемые на Земле. Как правило, срок службы солнечных панелей (солнечной установки) и ветрогенератора (ветроустановки) составляет 25 лет и больше [2, 3].

Для устойчивой работы солнечных и ветряных установки в настоящее время используют дизель-генераторы (ДГ) и дизельные электростанции (ДЭС) на их основе [8]. Пока они являются основой малой энергетики России, хотя имеют существенные недостатки – большой расход органического топлива для выработки одного кВт · ч электроэнергии и нарушение экологии окружающего пространства. В то же время полноценной замены им пока нет.

Совместная работа вертикальной ветроустановки и панелей фотоэлементов повышает производительность комбинированного агрегата, а использование аккумуляторных батарей приводит к тому, что электроснабжение осуществляется, при необходимости, непрерывно, даже ночью при полном отсутствии ветра [1, 4].

Эксплуатационные параметры вертикального электрогенератора и фотоэлементов повышенной производительности

Ветер	Ночь	Осадки, облачно, солнечно
0–1,5 м/с	Аккумулятор	Фотогенератор
От 1,5 м/с	Ветрогенератор	Фотогенератор и ветрогенератор

На рисунке приведено фото гибридной фото-ветровой электро-установки. Система работает даже при небольшом ветре: от 5 м/с. Солнечные батареи повышенной производительности производят электроэнергию, как в ясную, так и в пасмурную погоду. Накопительные аккумуляторы обеспечивают резервное питание ночью, при полном отсутствии ветра.

Гибридная фото-ветровая электроустановка

Ниже приведены рабочие параметры малогабаритной фото-ветровой электроустановки:

– номинальная выходная мощность – 3 кВт;

– максимальная выходная мощность – 4,8 кВт;

– мощность при работе в безветренный пасмурный день – до 2 кВт;

– стартовая скорость ветра – 1,5 м/с;

– рабочая (номинальная) скорость ветра – 4 м/с;

– ориентация на ветер – не требуется.

Отметим, что

– установка работает при малой скорости ветра от 1,5 м/с;

– солнечные батареи производят электроэнергию, при любой погоде;

– аккумуляторы обеспечивают питание ночью, при отсутствии ветра;

– использование накопительной энергии позволяет оптимизировать процессы, что приводит к увеличению срока службы аккумуляторов [2, 4].

Источники

1. Расчет теплового баланса и обоснование параметров малогабаритной биогазовой установки с мезофильным сбраживанием субстрата / И.Х. Гайфуллин [и др.] // Вестник КГАУ. 2017. № 3 (41). С. 63–67.

2. Ильина О.Л., Зеленов С.Н, Рудаков А.И. Оптимизация параметров фотоветровой электроустановки // Актуальные научные исследования в современном мире: матер. Междунар. науч. практ. конф. София, 2016. С. 32–38.

3. Кирпичникова И.М., Волкова О.С. Малюгина А.А. Оптимизация выбора солнечных световодов для равномерного освещения поверхности помещений в зданиях // Альтернативная энергетика и экология. 2016. № 7-8. С. 19–24.

4. Лукутин Б.В., Муравлев И.О., Плотников И.А. Системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями: учеб. пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического ун-та, 2015. 128 с.

5. Попель О.С. Автономные энергоустановки на возобновляемых источниках энергии // Энергосбережение. 2006. № 3. С.70–76.

6. Стычинский З.А. Воропай Н.И. Возобновляемые источники энергии. Теоретические основы, технологии, технические характеристик, экономика. Магдебург, 2010. 209 с.

7. Хусаенов И.А., Денисова А.Р., Роженцова Н.В. Использование альтернативных источников. М.: ИД МЭИ, 2013. С. 178–179.

8. Формирование энергоэффективных режимов дизельной электростанции инверторного типа / Б.В. Лукутин [и др.] // Известия вузов. Электромеханика. 2009. № 6. С. 80–82.

УДК 66.074.5.094.3-926.214

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ НА ПРОЦЕСС НАРАБОТКИ ХИМИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ЧАСТИЦ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ПОМЕЩЕНИЙ

Сандаков Виталий Дмитриевич[1], Садыкова Лейсан Рашитовна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]vitalysandakov@gmail.com, [2]sadykova.lr@yandex.ru

В статье предложено решение проблемы с понижением температуры в процессе озонирования воздуха или газа.

Ключевые слова: озон, электрический разряд, эффект Джоуля – Томпсона.

FEATURES OF THE INFLUENCE OF TEMPERATURE AND PRESSURE ON THE PROCESS OF PRODUCTION OF CHEMICALLY ACTIVE PARTICLES FOR CLEANING INDOOR AIR ENVIRONMENT

Sandakov Vitaly Dmitrievich[1], Sadykova Leisan Rashitovna[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]vitalysandakov@gmail.com, [2]sadykova.lr@yandex.ru

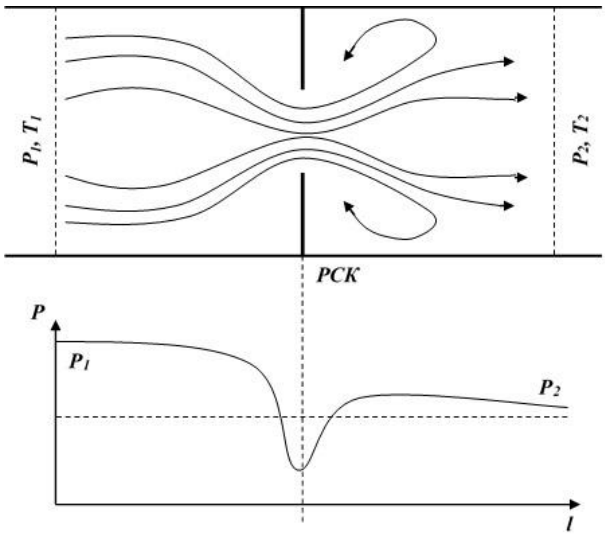
The article proposes a solution to the problem of lowering the temperature in the process of ozonizing air or gas.

Key words: ozone, electric discharge, Joule – Thomson effect.

Для обезвреживания экологически вредных веществ в воздухе, можно использовать электрофизические методы очистки, основанные на выработке озона. Такие методы являются достаточно высокоэффективными, быстродейственными, а оборудование для очистки имеет компактные габариты. Процесс очищения происходит следующим образом. В устройство поступает воздух или газ с высокой концентрацией кислорода. Затем под воздействием электрического разряда кислород преобразовывается в озон, который в последствии устраняет токсичные вещества или преобразует их в безвредные.

Процесс озонирования сопровождается быстрым распадом озона при высоких температурах, что снижает эффективность очищения воздушной среды помещений. Поэтому вопрос о снижении температуры в рабочей зоне озонатора является актуальным [1, 2].

Эффект Джоуля Томпсона, который основан на прохождении потока газа через местное сужение в канале (см. рисунок) при постоянном перепаде давлений, решает проблему понижения температуры в реакционной камере [3–7].



Модель реакционной камеры с местным резким сужением в канале (РСК)
и график изменения давления по длине реакционный камеры

Газ проходит из области с меньшим объемом V_1 в область с большим V_2. При этом давления $P_1 > P_2$. При адиабатическом процессе прохождение газа через перегородку при комнатной температуре создает разницу в температуре $T_1 > T_2$. Газ охлаждается в последствии взаимодействия между молекулами.

В результате, на входе и выходе получаем разность температур $\Delta T = T_2 - T_1$. При этом имеем, что если:

$\Delta T < 0$ – это положительный эффект Джоуля-Томпсона,

$\Delta T > 0$ – это отрицательный эффект Джоуля-Томпсона.

Таким образом, с помощью данного эффекта можно снизить температуру воздушной смеси в зоне образования озона, тем самым повысить качество очищения загрязненного воздуха озонированием [8].

Источники

1. Филиппов Ю.В., Вобликова В.А., Пантелеев В.И. Электросинтез озона. М.: Изд-во МГУ, 1987. 236 с.

2. Оптимизация параметров электрофизических установок для очистки воздуха от экологически вредных газообразных примесей / А.З. Понизовский [и др.] // Электротехника. 1993. № 3. С. 59–67.

3. Лунин В.В., Попович М.П., Ткаченко С.Н. Физическая химия озона. М.: Изд-во МГУ, 1998. 480 с.

4. Кужекина И.П. Испытательные и электрофизические установки, техника эксперимента. М.: МЭИ, 1983. 263 с.

5. Месяц Г.А. Импульсная энергетика и электроника. М.: Наука, 2004. 704 с.

6. Пичугина М.Т. Мощная импульсная энергетика. Томск: Изд-во ТПУ, 2005. 98 с.

7. Генбач А.А., Бондарцев Д.Ю., Илиев И.К. Пути повышения эффективности охлаждения камер сгорания и сопел ГТУ // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2021. Т. 13, № 3 (51). С. 114–134.

8. Сандаков В.Д., Подрезов А.Н. Повышение эффективности очистки газовых сред // Современные проблемы экологии: сб. докл. XIII Междунар. науч.-техн. конф. Тула, 2015. С. 3–5.

УДК 639.3.06

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗВИТИЯ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ ВОДНОЙ СРЕДЫ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИМИ СПОСОБАМИ НАРАБОТКИ АЭРОИОНОВ

Сандаков Виталий Дмитриевич[1], Фахрутдинова Таисия Ильдаровна[2]
[1]ФГБОУ ВО «КГЭУ», [2]ФГБОУ ВО «КГАВМ имени Н.Э. Баумана»,
г. Казань
[1]vitalysandakov@gmail.com, [2]Taya26200139@gmail.com

Аннотация: В статье рассмотрен современный способ ионизации водной среды технологией разряда низкотемпературной плазмы над водой. Показано влияние электрофизических методов с малыми токами на состав воды с последующим положительным эффектом для живых организмов на примере африканских сомов.

Ключевые слова: ионизация, аэроионы, рыбоводство, низкотемпературная плазма, электрофизические методы.

INCREASING THE EFFICIENCY OF THE DEVELOPMENT OF LIVING ORGANISMS OF THE AQUATIC ENVIRONMENT BY ELECTROPHYSICAL METHODS FOR THE PRODUCTION OF AEROIONS

Sandakov Vitaly Dmitrievich[1], Fahrutdinova Taisiya Ildarovna[2]
[1]Kazan State Power Engineering University,
[2]FGBOU VO “KGABM named after N.E. Bauman”,
Kazan
[1]vitalysandakov@gmail.com, [2]Taya26200139@gmail.com

The article considers a modern method of ionization of the aquatic environment by the technology of low-temperature plasma discharge over water. The influence of electrophysical methods with low currents on the composition of water is shown, followed by a positive effect on living organisms on the example of African catfish.

Keywords: ionization, air ions, fish farming, low-temperature plasma, electrophysical methods.

Использование современных прогрессивных технологий в развитии пищевой промышленности рыбоводства позволяет оптимизировать процессы промышленного производства, чтобы увеличить ассортимент и качество продукции. Применение технологий ионизации воды и окружающего воздуха способствует росту и развитию живых организмов водной среды [1–4].

Получение отрицательно заряженной структурированной воды возможно за счёт особых технологий её обработки в особых технологических модулях. Для этого используются электрофизические методы с малыми токами, позволяющие сократить воздействие продуктов электролиза на биосистему. В связи с этим можно сделать вывод о положительном воздействии полученной структурированной воды на живые системы.

Исследователями был приведён эксперимент, который позволил изучить воздействие, оказываемое активированными водами, подвергнутыми соответствующей обработкой, и насыщение окружающего воздуха аэроионами, на икру и мальков африканского сома, при этом исследователями принималось во внимание наличие у сомов органов, позволяющих осуществлять потребление воздушных масс [5].

Из вышеизложенного следует, что оптимальный эффект может быть достигнут при сочетании технологий ионизации воды и воздуха одновременно. Важно учитывать, что концентрация воздействия на рыб не должна превышать 1:1000 (общепринятая концентрация для обеззараживания плавательных бассейнов). Таким образом, достигаются обеззараживающий и стимулирующий эффекты одновременно.

Для ионизации водной среды можно применять технологию разряда над поверхностью воды. При этом методе происходит непосредственное взаимодействие низкотемпературной плазмы газового разряда с водой. Такая плазма содержит положительно и отрицательно заряженные частицы. Образуется ионизированный газ с высокой концентрацией электронов, ионов и радикалов. Полученный ионизированный газ взаимодействует с парами воды, что приводит к изменению свойств включений, находящихся в воде [6].

Таким образом, использование разрядов низкотемпературной плазмы над поверхностью воды изменяет химические характеристики обрабатываемой водной среды, ее ионный состав и структуру органических веществ, что влияет на жизнеспособность и развитие живых организмов, находящихся в воде.

Источники

1. Воейков В.Л. Благотворная роль активных форм кислорода [Электронный ресурс]. URL: http://чижевский.рф/благотворная-роль-активных-форм-кисл/ (дата обращения: 14.10.2022).

2. Гольдштейн Н.И. Биофизические мезханизмы физиологической активности супероксида: дисс. ... д-ра биол. наук. М., 2000. 231 с.

3. Кузнецов С.И., Хохлов Р.Ю. Биоадекватные технологии // Птицеводство. 2006. № 4. С. 47.

4. Виноградов А.В., Васильев А.Н. Потребности и задачи реализации проектов распределённой энергетики в агрохолдингах // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2019. Т. 11, № 3 (43). С. 13–23.

5. Мачабели М.С. Аэроионы и жизнь // Новое в трансфузиологии. 1996. Вып. 3. С. 29–32.

6. Макальский Л.М., Кухно А.В., Цеханович О.М. Обработка воды горных выработок для уменьшения солесодержания электроразрядными методами // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2018. № 7. С. 23–32.

УДК 621.31

ПРОБЛЕМА ВЫСШИХ ГАРМОНИК В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛЫХ И АДМИНИСТРАТИВНЫХ ЗДАНИЙ

Семенова Ольга Дмитриевна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
ollivka@bk.ru

В статье рассмотрены результаты измерений коэффициента нелинейных искажений напряжения в жилом секторе. По результатам наблюдаются значительные искажения формы кривых напряжения, вызванные влиянием нелинейных нагрузок. Рассмотрены причины возникновения, негативные последствия действия и мероприятия по снижению токов высших гармоник.

Ключевые слова: высшие гармоники, нелинейные искажения, негативные последствия, бытовые электроприемники, активные фильтры, пассивные фильтры.

THE PROBLEM OF HIGHER HARMONICS IN POWER SUPPLY SYSTEMS OF RESIDENTIAL AND ADMINISTRATIVE BUILDINGS

Semenova Olga Dmitrievna
Kazan State Power Engineering University, Kazan
ollivka@bk.ru

The article considers the results of measuring the coefficient of non-linear voltage distortion in the residential sector. According to the results, significant distortions in the shape of the voltage curves are observed, caused by the influence of non-linear loads. The reasons for the occurrence, the negative consequences of the action and measures to reduce the currents of higher harmonics are considered.

Keywords: higher harmonics, non-linear distortions, negative consequences, household electrical receivers, active filters, passive filters.

Качество электрической энергии, регламентированное ГОСТ 32144 [1], должно быть обеспечено организацией, поставляющей электроэнергию потребителям. Но оно также зависит и от электроприемников (ЭП), подключенных к этой электросети. В узлах нагрузки современных низковольтных электрических сетей напряжением 0,4 кВ практически отсутствуют ЭП с линейными вольт-амперными характеристиками. В связи с тем, что у подавляющего большинства современных бытовых электроприборов импульсное потребление тока, это явление сопровождается появлением

нелинейных искажений токов и напряжений и генерацией высших гармоник (ВГ) в электрическую сеть. Поэтому в сетях нагрузки высокочастотные токи создают падение напряжения на элементах сети, что ухудшает форму кривой напряжения сети [2].

Наличие высших гармоник в СЭС приводит к отклонению ПКЭ и как следствие приводит к неблагоприятным последствиям для элементов СЭС [3]. К таким последствиям относятся:

– старение и сокращение срока службы изоляции;

– возникновение дополнительных потерь мощности;

– уменьшение пропускной способности ЛЭП;

– неправильная работа электронного оборудования и устройств РЗиА;

– невозможность компенсации реактивной мощности с помощью регулируемых компенсирующих устройств (КУ);

– уменьшение срока службы КУ;

– возникновению резонансных частот вблизи частот ВГ сети;

– возникновение несинусоидальных и несимметричных режимов работы сетей 0,4 кВ;

– искажение синусоидальности кривой напряжения;

– выход из строя оборудования, чувствительного к ВГ;

– недопустимая перегрузка токами нечетных ВГ нулевых рабочих проводников сети, что может приводить к их перегоранию и возникновению аварийных ситуаций;

– перегрев силовых трансформаторов;

– снижение точности показаний электронных счетчиков электроэнергии [4];

– снижение светового потока электрических источников света или сокращение срока службы этих источников [5].

Авторами проводились измерения гармонических составляющих напряжения многоквартирного дома с помощью анализатора качества электроэнергии AR5. График трехсуточного измерения коэффициента нелинейных искажений напряжения сети многоквартирного дома представлен на рисунке.

Из рисунка видно, что коэффициент искажения синусоидальности напряжения зависит от уровня потребления электроэнергии бытовыми ЭП.

Во время максимального потребления электроэнергии в вечерние часы коэффициент искажения синусоидальности напряжения возрастает до 7,4 %, а в периоды минимального электропотребления в ночные часы снижается до 2,1 %. Это позволяет сделать вывод, что бытовые ЭП служат

причиной ухудшения качества электроэнергии, а сохранение несинусоидальной формы напряжения в ночные часы объясняется тем, что недогруженный трансформатор на трансформаторной подстанции (ТП) приобретает свойства нелинейного элемента из-за ферромагнитных свойств, что также было показано в проведенных исследованиях в [6].

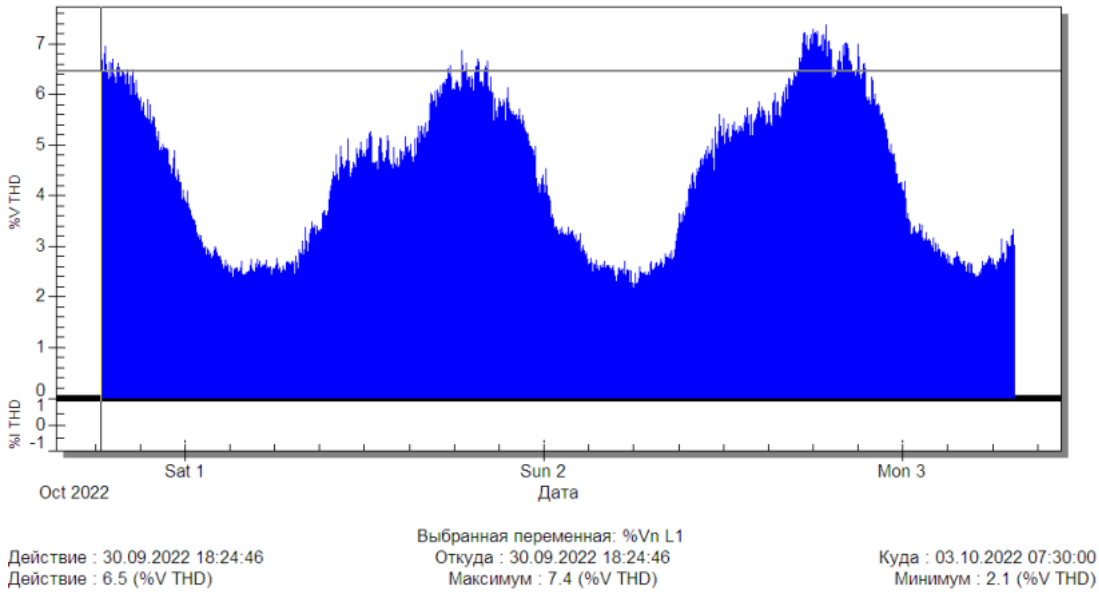


График трехсуточного измерения коэффициента нелинейных искажений напряжения сети многоквартирного дома

В [2] были проведены экспериментальные исследования, в ходе которых выявлено, что наиболее негативное влияние на электрическую сеть оказывают приборы с импульсными блоками питания, такие как телевизор, персональный компьютер, светодиодные лампы и др., которые генерируют высокочастотные токи нечетного порядка. Основная доля эмиссии ВГ приходится на 3-ю, 5-ю и 7-ю гармоники. Поэтому для защиты внешней сети от генерации бытовыми ЭП токов ВГ необходимы технические средства, подавляющие именно эти гармоники.

Существует две категории мероприятий по снижению токов ВГ и их фильтрации:

1) мероприятия по естественному снижению токов ВГ, которые не требуют капитальных вложений. К ним относят эффекты ослабления путем совместного подключения к одной линии энергосберегающего освещения и компьютеров для снижения 3-й и 5-й гармоник, исключение питания однотипной нагрузки протяженными кабельными линиями и расположением ее как можно ближе к вводному распределительному устройству или ТП, а также уровень эмиссии токов ВГ во внешнюю сеть

снижается при подключении линейной нагрузки – ламп накаливания, обогревателя и др. [7]. Это объясняется тем, что линейные ЭП могут служить шунтом для высокочастотных токов, которые генерируют нелинейные ЭП в сеть многоквартирного дома;

2) установка фильтров ВГ, которые требуют существенных капитальных вложений.

На сегодняшний день существуют различные типы фильтров:

– активные фильтры;

– пассивные фильтры – простое, дешевое и эффективное средство фильтрации ВГ;

– гибридные фильтры, состоящие из трансформатора двойного питания 0,4 кВ и имеющие наилучшие технико-экономические показатели.

Также применяются фильтркомпенсирующие устройства (ФКУ) 0,4 кВ; параллельные активные фильтры (ПАФы), применяемые при реализации технологии «умных сетей»; активный фильтр гармоник (АФГ) для компенсации ВГ и симметрирования сети 0,4 кВ; параллельное соединение ФКУ с конденсаторными батареями (КБ) на шинах 0,4 кВ КТПН; для сетей высокого напряжения используется последовательное подключение реакторов с КБ; установка ФКУ в сенсорных узлах СЭС методом сальдо-проводимостей [3].

В последнее время отмечается увеличение нелинейных нагрузок в сетях жилого сектора и, как следствие, ухудшение качества электроэнергии в офисных и жилых зданиях, учебных заведениях. Необходимо в обязательном порядке предусматривать мероприятия по поддержанию качества электроэнергии. Наибольший эффект получается при использовании активных и пассивных фильтров [8]. Несмотря на то, что сегодня существует огромное количество устройств, а также различные типы фильтров предназначенных для фильтрации ВГ, проблема ВГ в СЭС жилых и административных зданий остается. Поиск ее решений является актуальной задачей и исследования в данном направлении должны продолжаться.

Источники

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: Стандартинформ, 2014. 19 с.

2. Лещинская Т.Б., Таранов М.М. Исследование токов эмиссии бытовых электроприемников // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина». 2009. № 2 (33). С. 54–61.

3. Измерение показателей качества электрической энергии в сети компьютерного класса и разработка мероприятий по фильтрации высших гармоник / Д.В. Коваленко [и др.] // Омский научный вестник. 2018. № 6 (162). С. 108–114.

4. Медведев К.М., Максименко Д.В. Моделирование однофазных административно-бытовых электроприемников, потребляющих резко несинусоидальный ток // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. 2013. № 1 (52). С. 48–55.

5. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Брежнев И.В. Исследование проблем качества электроэнергии в сетях напряжением 0,4 кВ // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 1 (53). С. 109–121.

6. Тукшаитов Р.Х., Семенова О.Д. О характере зависимости коэффициентов мощности и нелинейных искажений тока от уровня потребляемой мощности трансформаторами // Интеграция науки и образования в вузах нефтегазового профиля – 2022. Передовые технологии и современные тенденции: матер. Междунар. науч.-метод. конф. / редкол.: Н.Г. Евдокимова [и др.]. Уфа, 2022. С. 361–364.

7. Тукшаитов Р.Х., Семенова О.Д. Об одном способе подключения «нелинейных» нагрузок для снижения уровня их влияния на качество напряжения электросети // Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники: матер. III Всерос. науч.-практ. конф. / редкол.: Э.Ю. Абдуллазянов (гл. ред.) [и др.]. Казань, 2021. С. 236–240.

8. Анализ спектрального состава токов и напряжений светодиодных и газоразрядных источников света / Н.П. Боярская [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2013. № 8 (83). С. 180–184.

УДК 621-313.3

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ЖКХ

Середа Наталья Владимировна
ФГБОУ ВО «ДГТУ», г. Махачкала
nwsereda@mail.ru

В статье рассмотрены основные проблемы энергосбережения в сфере жилищно-коммунального хозяйства, представлена информация о новейших энергосберегающих технологиях и перспективах их внедрения, позволяющих осуществить перевод потребителей из категории «пассивные» в категорию «активные».

Ключевые слова: энергоэффективность, энергосбережение, жилищно-коммунальное хозяйство, интеллектуальные системы управления, интеллектуальные приборы учета.

EFFICIENCY OF IMPLEMENTATION OF ENERGY SAVING TECHNOLOGIES IN THE FIELD OF POWER SUPPLY OBJECTS HOUSING AND COMMUNAL SERVICES

Sereda Natalya Vladimirovna
FGBOU VO “DSTU”, Makhachkala
nwsereda@mail.ru

The article discusses the main problems of energy saving in the field of housing and communal services, provides information on the latest energy-saving technologies and the prospects for their implementation, allowing the transfer of consumers from the category of “passive” to the category of “active”.

Keywords: energy efficiency, energy saving, housing and communal services, intelligent control systems, intelligent metering devices.

На сегодняшний день проблемы энергосбережения и энергоэффективности являются весьма актуальными в связи с тем, что в системах теплоснабжения жилищной и бюджетной сфер фактические потери тепловой энергии составляют до 60 %, при этом на производство тепловой энергии для них расходуется примерно одна треть общей величины первичной энергии. Помимо этого, система управления как в сфере жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ), так в топливно-энергетическом комплексе (ТЭК) в целом неэффективна.

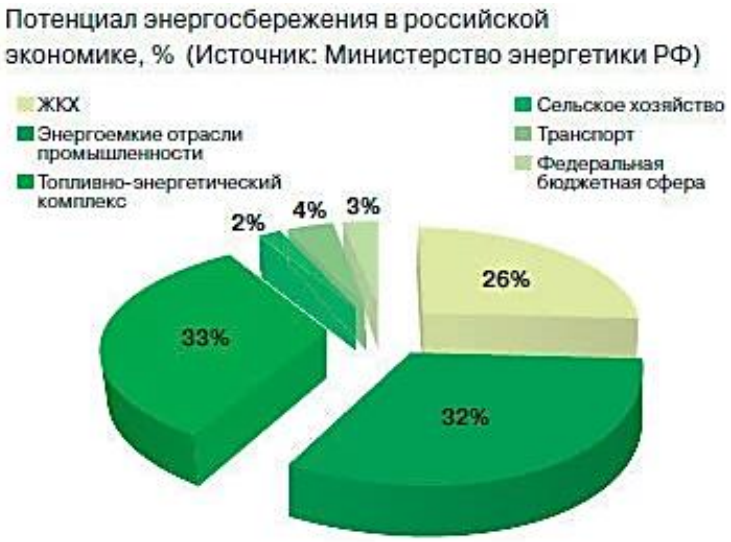


Рис. 1. Потенциал энергосбережения в Российской экономике [4]

Для решения всех этих проблем необходимо разрабатывать и внедрять на всех уровнях управления комплексные системы энергосбережения. Необходимо повсеместно использовать ресурсосберегающие технологии, оборудование и материалы. При этом все разрабатываемые решения должны соответствовать требованиям государства, населения, рынков жилищно-коммунальных услуг.

Неотъемлемой часть любой комплексной системы эргосбережеия сегодня являются интеллектуальные системы управления (ИСУ), для которых основными элементами являются интеллектуальные приборы учета, оснащенные коммуникаторами и оборудованием для сбора, обработки, хранения, отправки и приема данных, и позволяющие получать всю необходимую информацию без участия клиента и предотвращать хищение энергоресурсов.

В настоящее время в нашей стране повсеместно используется интрузивный мониторинг нагрузки, то есть применяются приборы учета, требующие непосредственного включения в сеть (счетчики, Wi-Fi-розетки, GSM-розетки). Таким образом, количество устанавливаемых в здании счетчиков пропорционально количеству оборудования, что приводит к существенным финансовым затратам.

Данные проблемы привели к разработке принципиально нового метода – неинтрузивному мониторингу нагрузки (Non-intrusive load monitoring, NILM). Данная технология не требует непосредственного включения измерительных приборов в сеть, так как измерение тока и напряжения производится при помощи сенсора, установка и демонтаж которого не вызывают никаких затруднений.

Сенсор NILM позволяет обеспечить необходимую точность измерений, при этом затраты существенно ниже, так как измерение тока и напряжения производится в одной точке распределительной сети, т. е. на здание требуется всего один сенсор.

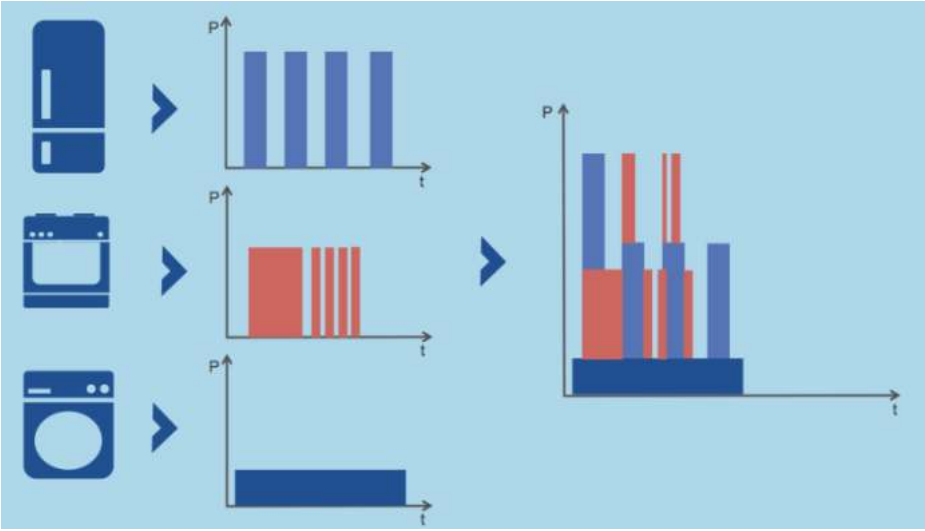


Рис. 2. Неинтрузивный мониторинг нагрузки (NILM) [6]

Технология NILM позволять пользователю получить информацию по каждому отдельно взятому прибору с выделением его профиля энергопотребления, то есть мы получаем возможность сформировать графики наиболее эффективного энергопотребления и оптимизировать затраты на электроэнергию.

Необходимо иметь ввиду, что технология NILM эффективна как для промышленных и крупных коммерческих зданий, так и для домохозяйств. Это связано с возможностью с помощью NILM производить мониторинг режимов работы всех видов оборудования и осуществлять превентивный учет потребления электроэнергии.

Особое значение данный функционал имеет для предприятий непрерывного цикла, на которых остановка производства может привести к уничтожению основных средств.

В сфере ЖКХ данные, полученные при помощи технологии NILM, позволяют управляющим компаниям производить анализ затрат на общедомовые нужды и внедрить мероприятия по повышению энергоэффективности жилых зданий. Также решается вопрос обнаружения хищений электроэнергии и незаконных подключений к сети.

В настоящее время рост применения технологий NILM составляет более 9 % в год.

Если рассматривать перспективы применения технологий NILM в более крупных масштабах, то появляются возможности эффективного прогнозирования нагрузок, формируемых потребителями, и снижения коммерческих и технологических потерь электроэнергии, а также разработки рекомендаций по оптимизации суточных графиков нагрузок для каждого потребителя что также приводит к существенной экономии.

Еще одним перспективным направлением исследований возможностей применения технологий NILM может выступить интеграция сенсоров NILM с такими «неэлектрическими» сенсорами, как датчики температуры, влажности, освещенности и др. [7].

Источники

1. Энергоэффективные технологии в строительстве и ЖКХ [Электронный ресурс]. URL: http://www.ictpufa.ru/energoeffektivnye-tekhnologii-v-stroitelstve-i-zhkkh (дата обращения: 14.10.2022).
2. Мухлыгин И.Ю. Инновационные сберегающие технологии в сфере жилищно-коммунальногот хозяйства // Вестник Чувашского университета, 2011. № 4. С. 454–456.
3. Энергосбережение в системе ЖКХ. [Электронный ресурс]. URL: http://www.energosovet.ru/stat31.html (дата обращения: 14.10.2022).
4. Шпонкина Ю. Энергосбережение в электроэнергетике [Электронный ресурс] // Электротехнический рынок. 2014. № 3 (57). URL: https://www.elec.ru/publications/analitika-rynka/2074/ (дата обращения: 15.10.2022).
5. Воеводина А.А. Применение современных технологий энергоресурсосбережения в энергоснабжающих организациях ЖКХ [Электронный ресурс] // NovaInfo 2016. № 44. С. 159–166. URL: https://novainfo.ru/article/5417 (дата обращения: 15.10.2022).
6. Интеллектуальные микросети и возобновляемые источники энергии в интеллектуальных сетях [Электронный ресурс] // Электрик Инфо: сайт / ред. А. Повный. URL: http://electrik.info/main/news/1805-intellektualnye-mikroseti-i-vie.html (дата обращения: 15.10.2022).
7. Кузьмин П. С. Неинтрузивный мониторинг нагрузки: эффекты внедрения и перспективы распространения [Электронный ресурс] // Стратегические решения и риск-менеджмент. 2019. Т. 10, № 4. С. 306–319. URL: https://www.jsdrm.ru/jour/article/view/866 (дата обращения: 15.10.2022).

УДК 620.91

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В ЖИЛИЩНОМ ФОНДЕ

Сиразева Алина Ленаровна[1], Зарипова Римма Солтановна[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]alinasirazeva@mail.ru

Экологические проблемы, дефицит энергоресурсов и удорожание их добычи привели к тому, что энергосбережение стало одной из приоритетных задач российской экономики. Роль энергосбережения и энергоэффективности в экономике страны очень важна, так как онаявляется фактором охраны окружающей среды, а также экономического роста. В статье рассматривается энергосбережение в жилищном фонде.

Ключевые слова: энергосбережение, ЖКХ, жилищный фонд, энергоресурсы.

ENSURING ENERGY SAVING AND ENERGY EFFICIENCY IN THE HOUSING STOCK

Sirazeva Alina Lenarovna[1], Zaripova Rimma Soltanovna[2]
Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]alinasirazeva@mail.ru

Environmental problems, shortages of energy resources and the rising cost of energy production have made energy conservation a priority of the Russian economy. The role of energy saving and energy efficiency in the national economy is very important, as it is a factor of environmental protection as well as economic growth. This article deals with energy saving in the housing stock.

Keywords: energy saving, housing stock, energy resources.

Сегодня приоритетными направлениями экономической политики любой страны являются энергосбережение и повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов [1]. Причина этого явления проста: страна, которая использует меньше энергии для получения тех же результатов, что и другие государства, не только имеет более стабильную экономику, но и уменьшает загрязнение своей территории различными энергетическими отходами [2]. Таким образом, можно утверждать, что страна, обеспечившая рациональное, экологически ответственное использование энергии и энергоресурсов, сможет укрепить свою экономику как внутри страны, так и в глобальном масштабе.

Надежное и эффективное энергоснабжение имеет большое значение для обеспечения нормальной жизнедеятельности любого человека. Энерго- и ресурсосбережение является одним из важнейших факторов, обеспечивающих эффективность функционирования всех отраслей экономики [3]. Сбережение достигается с помощью организации мероприятий по энергосбережению, переходам к новым технологиям, повышению качества соответствующей продукции и т. д. Внедрение энергосберегающих технологий приводит к снижению издержек и затрат на введение дополнительных мощностей, повышает устойчивость ТЭК, улучшению экологической ситуации [4].

Осуществление жилищных преобразований, необходимых для проектирования новых зданий с нулевым энергопотреблением и капитального ремонта существующих зданий, в настоящее время признано приоритетом большинством стран. Одной из мер в этой области является теплоизоляционная защита существующих жилых зданий и их адаптация к местным климатическим условиям. Существует обширный арсенал мер планирования, многоуровневого управления и оперативного управления для стимулирования создания новых систем централизованного теплоснабжения и охлаждения, и модернизации существующих систем [5, 6]. Производственные инновации, направленные на повышение энергоэффективности, также практикуются развитыми странами. Существуют также «белые сертификаты», которые присуждаются компаниям при экономии определенного количества энергии.

Рассмотрим ситуацию в России. В России использование энергосберегающих технологий пока не получило должного развития, причиной этого является отсутствие государственных стимулов, направленных на строительство энергосберегающих домов. Кроме того, во всех странах ЕС инвесторы, которые делают значительные инвестиции в энергосбережение, получают субсидии от государства. В России для повышения энергоэффективности используются административные методы, совершенно забывая о финансовой стороне вопроса [7]. Поэтому есть инвестиции в строительство объектов, которые неэффективны с точки зрения энергосбережения. Также существенным препятствием для внедрения передовых технологий является отсутствие контроля за соблюдением строительных норм, обеспечивающих энергоэффективность, отсутствие ответственности застройщиков за нарушения при строительстве. Учитывая все эти проблемы, в последнее время формируется заинтересованность собственников в привлечении новых технологий для строительства энергосберегающих домов. Кроме того, используемая в настоящее время

политика, направленная на снижение платы за потребление тепловой энергии в домах, оборудованных теплосчетчиками. Не менее эффективным было признано создание льготной тарифной сетки, используемой в домах с низким энергопотреблением. Для России очень важно применить зарубежный опыт в использовании комплекса мер, направленных на повышение энергоэффективности как уже построенных, так и вновь возводимых зданий.

Источники

1. A Method for Determining the Thermophysical Properties of a Construction Object [Электронный ресурс] / S.A. Panfilov [et al.] // International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies. 2020. Vol. 11, Iss. 3. URL: https://tuengr.com/V11/11A03TM.pdf (дата обращения: 13.10.2022).

2. Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Проблемы и перспективы внедрения информационных и управляющих систем для энергетических объектов // Сб. ст. XX Всерос. студенческой науч.-практ. конф. Нижневартовского государственного университета. Нижневартовск, 2018. С. 147–149.

3. Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Разработка информационной системы контроля параметров системы отопления [Электронный ресурс] // Энергетика и энергосбережение: теория и практика: матер. IV Всерос. науч.-практ. конф. Кемерово, 2018. URL: https://kgeu.ru/studportfolio/GetDoc/25405?idFizLico=123916 (дата обращения: 18.10.2022).

4. Галеев С.Р., Зарипова Р.С. Информационно-измерительная система технологического контроля параметров центрального теплового пункта // Энергетика, электромеханика и энергоэффективные технологии глазами молодежи: матер. IV Рос. молодежной науч. шк.-конф. Томск, 2016. С. 328–329.

5. Зарипова Р.С., Белавин В.А. Исследование метрологических характеристик мембранного датчика для измерения концентрации ионов щелочных и щелочноземельных металлов в водных средах // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2006. № 3-4. С. 93–98.

6. Мониторинг переменной ионной концентрации в водной среде с помощью информационно-измерительной системы на основе мембранного датчика / Л.Р. Беляева [и др.] // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2011. № 1-2. С. 119–126.

7. Альхузайи А.Х., Зарипова Р.С. Совершенствование бизнес-процессов на предприятиях жилищно-коммунального хозяйства // Наука Красноярья. 2019. Т. 8, № 5-4. С. 7–11.

УДК 639.3.06

ВЛИЯНИЕ ИОНИЗАЦИИ ВОЗДУШНОЙ И ВОДНОЙ СРЕДЫ НА ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА РЫБНОЙ ПРОДУКЦИИ

Фахрутдинова Таисия Ильдаровна[1], Сандаков Виталий Дмитриевич[2]
[1]ФГБОУ ВО «КГАВМ имени Н.Э. Баумана», [2]ФГБОУ ВО «КГЭУ»,
г. Казань
[1]Taya26200139@gmail.com, [2]vitalysandakov@gmail.com

Аннотация: В статье рассмотрено влияние ионизации воздушной среды возле воды, а также исследовано влияние заряженной воды ионами малыми токами на разведение живых организмов в рыбоводстве.

Ключевые слова: ионизация, аэроионы, рыбоводство, окислительно-восстановительный потенциал, радикалы

INFLUENCE OF AIR AND WATER IONIZATION ON INCREASING THE QUALITY OF FISH PRODUCTS

Fahrutdinova Taisiya Ildarovna , Sandakov Vitaly Dmitrievich[2]
[1]FGBOU VO “KGABM named after N.E. Bauman”,
[2]Kazan State Power Engineering University,
Kazan
[1]Taya26200139@gmail.com, [2]vitalysandakov@gmail.com

The article considers the influence of the ionization of the air near the water, and also investigates the influence of charged water with ions by small currents on the breeding of living organisms in fish farming.

Keywords: ionization, air ions, fish farming, redox potential, radicals.

На современное развитие пищевой промышленности большое значение оказывает процесс совершенствования технологических методов поддержания микроклимата водной среды и окружающего воздуха, в которых разводятся живые организмы. Одним из таких методов является ионизация воды и воздуха, что приводит к экономической выгоде за счет увеличения темпов роста и развития продукции при сохранении ее качества.

Существует ряд исследований посвященных развитию фауны за счет использования ионизации среды (М.С. Мачабелли., С.И. Кузнецов, Р.Ю. Хохлов) [3, 4], основанного на процессе образования заряженных молекул воздействием электрического тока определенной формы и продолжительности на водную или воздушную среду.

Таким образом мы обращаемся к параметру водной среды, который в науке понимается как «окислительно-восстановительный потенциал». В основе нашего предположения, основанного на наблюдении за жителями

живущих в горных районах использующих для потребления горную талую воду, которая, судя по всему, при прохождении через особые горные породы обретает заряд, меняющий её структуру. По наблюдениям [3, 4] такая вода легче усваивается организмом за счёт окислительно-восстановительного потенциала, кроме того, такая вода обладает антиоксидантными качествами.

Тем не менее вода не является изолированной системой и существует в симбиозе с воздухом, ионизация которого также воздействует на живые организмы благотворно за счёт наличия легких аэроионов в нем. В.Л. Воейков, изучая благотворное влияние ионов на организмы, отмечает, что «отрицательные аэроионы – это активные формы кислорода, присутствие которых в организме крайне необходимо» [1].

Гидратированные радикалы O_2 присутствуют в окружающем воздухе в крайне незначительной концентрации, а данные проводимых экспериментов показали, что в случае их полного отсутствия представители фауны погибают, и у них присутствуют симптомы удушья [5]. Отмечено, что «обогащение воздуха супероксидом до ~ 20 000 частиц/см^3 нормализует давление крови и ее реологию, облегчает оксигенацию тканей, усиливает общую резистентность организма к стрессовым факторам» [2].

Сама по себе вода, которая заряжена отрицательно также оказывает биостимулирующее воздействие на все живые организмы, что в обязательном порядке должно учитываться при рыбопроизводстве.

Вышеизложенное позволяет предположить, что использование технологии ионизации способствует увеличению производительности рыбоводческих хозяйств и позволит получать в более короткий срок большую товарную массу продукции, кроме того, значительное количество средств будет сэкономлено за счёт сокращения влияния различных инфекций на организмы выращиваемой рыбы.

Источники

1. Воейков В.Л. Благотворная роль активных форм кислорода [Электронный ресурс]. URL: http://чижевский.рф/благотворная-роль-активных-форм-кисл/ (дата обращения: 14.10.2022).

2. Гольдштейн Н.И. Биофизические мезханизмы физиологической активности супероксида: дисс. ... д-ра биол. наук. М., 2000. 231 с.

3. Кузнецов С.И., Хохлов Р.Ю. Биоадекватные технологии // Птицеводство. 2006. № 4. С. 47.

4. Мачабели М.С. Аэроионы и жизнь // Новое в трансфузиологии. 1996. Вып. 3. С. 29–32.

5. The primary physico-chemical mechanism for the beneficial biological/ medical effects of negative air ions / M.N. Kondrashova [et al.] // IEEE Transactions on Plasma Science. 2000. Vol. 28. Pp. 230–237.

УДК 621.646.4

РЕГУЛЯТОРЫ ДАВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Фетисов Леонид Валерьевич[1], Мурзин Эмиль Сергеевич[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]leonidfetisov@mail.ru, [2]murzin280400@gmail.com

В данной статье рассмотрена система понижения потребления электрической энергии насосом в жилых и многоквартирных домах. С выполнением всех нормативных актов и сохраняя привычное использование энергоресурса потребителями.

Ключевые слова: автоматизация, насос, энергоресурс, реле давления, регулятор давления.

PRESSURE REGULATORS IN THE WATER SUPPLY SYSTEM

Fetisov Leonid Valerievich[1], Murzin Emil Sergeevich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]leonidfetisov@mail.ru, [2]murzin280400@gmail.com

In this article, the system of reducing the consumption of electric energy by a pump in residential and apartment buildings is considered. With the implementation of all regulations and maintaining the usual use of energy by consumers.

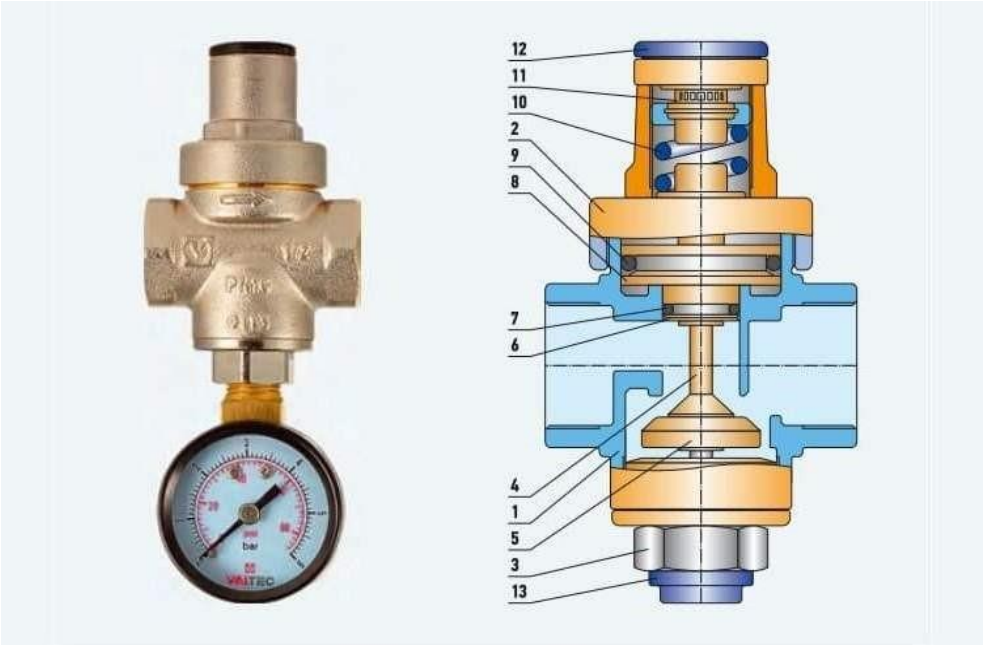
Keywords: automation, pump, energy resource, pressure switch, pressure regulator.

Современный частный или многоквартирный дом невозможно представить без постоянного доступа к холодной и горячей воде. И для доставки данного энергоресурса к нам на порог применяется целая система поддержания давления, которое нам необходимо для комфортного пользования. Согласно СНиП 2.04.01-85 п.5.12 давление холодной воды должно быть в диапазоне 0,3–5,5 атмосфер, а горячая 0,3–4,5 атмосфер. А для комфортного использования воды в доме давление на выходе из смесителя должно быть не менее 3–3,5 атмосфер.

Для поддержания и возможности не гонять насос на холостом ходу, в следствии минимизировать потери электрической энергии, когда вода не используется есть смысл использовать регуляторы давления.

Регуляторы, отличающиеся внутренним устройством и принципом работы: поршневые и мембранные.

Виды регуляторов по способу управления: электронные и автоматические.



Принципиальная схема регулятора давления: *1* – корпус;
2 – корпус пружинной камеры; *3* – крышка корпуса; *4* – шток; *5* – обойма золотника;
6 и *8* – малый и большой поршни; *7* и *9* – уплотнительные кольца малого и большого поршней; *10* – пружина; *11* – винт настройки;
12 и *13* – пробки пружинной камеры и патрубка манометра

Принцип действия этого устройства простой основан на противодействии пружины с клапаном диафрагме для выравнивания усилий: если будет включена вода, то клапан откроется при падении выходного напора, давление начнет возрастать до тех пор, пока не сравняются усилия диафрагмы и пружины.

Автоматические регуляторы давления больше подходят для частных домов. Настроив их один раз, на необходимое значение давления, про него можно забыть. Единственным условием будет установка этого регулятора непосредственно после счетчика контроля воды и перед смесителем. То есть для каждого смесителя необходим свой автоматический регулятор давления.

Более совершенным прибором автоматизации подачи воды будет электронный регулятор. Это устройство, в котором совмещены функции реле давления, протока, защита от «сухого хода». Контроллер включает насос по давлению, отключает по протоку.

Принцип работы данного оборудования контролируется электронным реле работающий скачкообразно. Когда пользователь открывает смеситель, давление в системе резко падает. Автоматика включает насос, давление возрастает и будет постоянным в зависимости от расхода воды.

При небольшом расходе постоянное давление 2,5 бара, если открывается вторая точка, большого скачка не будет. Только в случае, когда правильно выбран насос и собрана система.

Использование электронного регулятора давления позволяет продлить долголетие всех системы. Насос не тратит свой ресурс а холостом ходу, трубопроводная система не имеет перегрузок превышения допустимых значений давления из-за необходимости доставлять воду на возвышенности или дальние расстояния.

Источники

1. Автоматические приборы, регуляторы и управляющие машины / ред. Б.Д. Кошарский. М.: Наука, 1976. 880 с.

2. Петунин А.Н. Измерение параметров газового потока: Приборы для измерения давления, температуры и скорости. М.: Машиностроение, 1974. 260 с.

3. Васильев В.Д., Ивашнев Е.А., Малюшенко В.В. Монтаж компрессоров, насосов и вентиляторов. М.: Высшая школа, 2016. 216 с.

4. Лобачев П.В. Насосы и насосные станции. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 2012. 320 с.

5. Антикайн П.А. Металлы и расчет на прочность котлов и трубопроводов. М.: Энергосервис, 2001. 440 с.

УДК 692.41

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ АНТИОБЛЕДЕНЕНИЯ КРОВЕЛЬ ЗДАНИЙ

Фетисов Леонид Валерьевич[1], Фахерлегаянов Рустем Расихович[2],
Рычков Егор Витальевич[3]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1] leonidfetisov@mail.ru, [2]f.rustam2001@yandex.ru, [3]egor.rychkov.2001@mail.ru

Рассмотрен ряд вопросов, связанных с проектированием систем антиобледенения кровель зданий с помощью нагревательных кабелей, кратко описаны различные типы кабелей и технологий их применения.

Ключевые слова: нагревательный кабель, система антиобледенения, кровля, водосток, кабельный обогрев.

DESIGN OF DE-ICING SYSTEMS ROOFS OF BUILDINGS

Fetisov Leonid Valerievich[1], Fakherlegayanov Rustem Rasihovich[2],
Rychkov Egor Vitalievich[3]
[1,2,3]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]leonidfetisov@mail.ru, [2]f.rustam2001@yandex.ru, [3]egor.rychkov.2001@mail.ru

A number of issues related to the design of de-icing systems of roofs of buildings using heating cables are considered, various types of cables and technologies of their application are briefly described.

Key words and phrases: heating cable, de-icing system, roof, gutters, cable heating.

В зимний период на кровлях зданий нередко скапливаются значительные массы снега, которые в дальнейшем в результате температурных колебаний образуют ледяные наросты в виде глыб льда и сосулек. Выполняемая периодически очистка (чаще всего с использованием ручного труда) крыши от снежных и ледяных скоплений, как правило, сложна и опасна. Нередко в процессе скатывания ледяного покрытия и последующего его падения возникают повреждения и самого покрытия кровли, желоба и водопровода, и отдельные элементы фасада дома. Как показала практика эффективным и безопасным способом борьбы с обледенением кровель и водостоков является использование специальных электрических нагревательных кабелей.

В качестве модуля для создания проекта нужны нагревательные элементы, датчики температуры и влажности. Необходимо датчик температуры и влажности (рис. 1) должен располагаться в самом холодном и наиболее влажном месте крыши дома.

В качестве элемента нагревателя будут использованы саморегулируемые нагревательные кабели марки SRL40-2, которые могут изменять теплоотдача в нескольких местах [2]. Мощность кабеля нагревателя состав-ляет от 20 до 40 Вт (рис. 2).

Датчик температуры и влажности и нагревательный кабель настроены так, что при скоплении снега на кровле зданий, сооружений, а также при образовании сосулек и наледи автоматически будет включаться подача электрического тока на нагревательный кабель. В качестве управляющего компонента выбран микроконтроллер марки Atmel AVR (рис. 3).

Рис. 1. Цифровой датчик температуры и влажности

Рис. 2. Нагревательный кабель

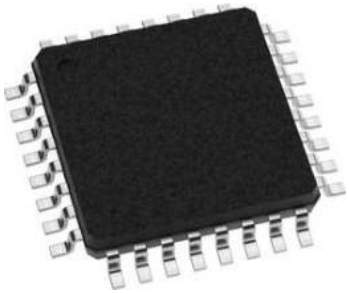


Рис. 3 Микроконтроллер марки Atmel AVR

Таким образом, правильно спроектированная и рассчитанная кабельная система антиобледенения позволяет полностью удалять со всей поверхности кровли талую воду и исключать образование наледей на крыше и в водостоках что обеспечит постоянное наблюдение, а самое главное безопасность человеческой жизни.

Источники

1. Еропов Л.А. Покрытия и кровли гражданских и промышленных зданий. М.: Строительство, 2004. 248 с.

2. Нагревающий саморегулирующийся кабель для обогрева пола [Электронный ресурс]. URL: https://www.finex97.ru/vmchk/water-supply-and-sewage/srl40/ (дата обращения: 18.10.2022).

3. Стаценко М.В. Части зданий. Гражданская архитектура. М.; Л.: Гос. изд., 1930. 656 с.

УДК 621-313.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Фролова Маргарита Алексеевна[1], Ахмедова Ольга Олеговна[2]
[1,2]Камышинский технологический институт (филиал),
ФГБОУ ВО «ВолгГТУ»,
г. Камышин
[1]margo22010f@gmail.com, [2]Ahmedova-olga@mail.ru

В статье рассматривается внедрение цифрового оборудования для проведения контроля рабочих параметров и диагностики оборудования на воздушных линиях электропередач. Предложен метод питания цифровых датчиков линий при помощи использования электромагнитного поля. Рассмотрен принцип взаимодействие магнитного поля с цифровыми датчиками.

Ключевые слова: воздушная линия электропередачи, электромагнитное поле, цифровизация воздушных линий.

USE OF DIGITAL TECHNOLOGIES FOR DIAGNOSTICS OF OVERHEAD LINES OF DISTRIBUTION NETWORKS

Frolova Margarita Alekseevna [1], Akhmedova Olga Olegovna [2]
[1,2]Kamyshinsky Institute of Technology (branch),
FGBOU VO “VolgSTU”,
Kamyshin
[1]margo22010f@gmail.com, [2]Ahmedova-olga@mail.ru

The article discusses the introduction of digital equipment for monitoring operating parameters and diagnostics of equipment on overhead power lines. A method of powering digital line sensors using an electromagnetic field is proposed. The principle of interaction of the magnetic field with digital sensors is considered.

Keyboards: overhead power line, electromagnetic field, digitalization of overhead lines.

С начала 19 века электричество начало входить в жизнь человека, первые линии электропередач (ЛЭП) появились уже в 1880-х годах. На сегодняшний день сложно представить какую-либо деятельность человека без использования электрической энергии. Однако, для того, чтобы пользоваться электроэнергией, для начала нужно передать её от места генерирования до мест потребления, для чего и служат ЛЭП.

Для выявления неисправностей, осуществляются методы диагностики ВЛ, которые разделяются на три группы:

– экспертные: осмотр персоналом воздушных линий с помощью новых технологий;

– расчетно-статические: оценивается несущая способность линии;

– аппаратно-расчетные: использование тепловизоров, химический и автоматизированный контроль [1].

Чтобы своевременно выявлять дефекты на линиях, нужен контроль, который осуществляют инженеры. Но это трудоемко, занимает достаточное количество времени и материально затратно, так как в целях безопасности персонала нужно отключать линии (Приказ об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок от от 24 июля 2013 г. № 328н) [2].

Новые технологий позволяют использовать метод оценки состояния воздушных линий с помощью БПЛА (дронов, беспилотников), бортов вертолетов с дистанционной аппаратурой, цифровизации самих линий [3, 4], что значительно снижает трудозатраты диагностики ВЛ.

«Россети Северо-Запад» успешно внедрили цифровую ВЛ электропередач в Карелии на 110 кВ. Линия снабжена цифровыми датчиками, которые передают на пульт управления все параметры сети в режиме реального времени, а также реагируют на климатические изменения [5].

Эта цифровая сеть представляет собой единую среду, которая обеспечивает управление всей сети в целом, и дает информацию о состоянии линии на основе актуальных достоверных данных.

В рамках цифровизации электроэнергетических объектов остро встает вопрос о способах питания датчиков, установленных на воздушных линиях электропередачи. Сегодня их подключают к солнечным батареям, но данный источник питания кроме стоимости имеет еще рад ограничений таких как загрязняемость поверхности солнечной батареи, невозможность использовать во всех районах РФ и др. Поэтому актуальной задачей является разработка источника питания датчиков от электромагнитного поля самой воздушной линии электропередачи.

Предлагаю рассмотреть цифровой датчик линии, питающийся по принципу работы беспроводной зарядки телефона [6].

На линии электропередач, провода создают в прилегающем пространстве электрическое и магнитное поля. Предлагается установить датчик, питающийся от магнитного поля на опору ЛЭП, либо между проводами, где оно и возникает. Электромагнитное поле будет занимать место передающей катушки, а принимающая катушка будет стоять в самом датчике.

При взаимодействии магнитного поля, исходящего от ЛЭП, оборудование будет выдавать данные контролируемой линии. Это позволит контролировать показатели работы ВЛ, отыскивать места повреждения и др., работающему персоналу нужно будет выполнять производственные операции (только регистрировать показания с ВЛ). Также станет возможным сокращение время обнаружения неисправностей и др., экономический эффект станет выше, а кроме того, устройство позволит получать показания в северных регионах страны без выездных осмотров ВЛ.

Источники

1. О техническом диагностировании воздушных линий электропередачи напряжением 35 кВ и выше [Электронный ресурс] / В.Н. Александров [и др.] // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. 2000. № 3. С. 25–33. URL: https://energy.bntu.by/jour/article/view/1598 (дата обращения: 25.10.2022).

2. Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок [Электронный ресурс]: Приказ Министерства труда и социальной защиты Рос. Федерации от 24 июля 2013 г. № 328н. URL: https://umitz46.ru/prikazN328n (дата обращения: 27.10.2022).

3. Обследование ВЛ с БПЛА и другие методы контроля и поиска повреждений на воздушных линиях [Электронный ресурс]. URL: https://test-energy.ru/obsledovanie-vl-s-bpla/ (дата обращения: 31.10.2022).

4. Киселев А.Д. Инновационные методы диагностики и устранения технических неполадок воздушных линий [Электронный ресурс] // Физика. Технологии. Инновации: сб. ст. VII Междунар. молодежной научн. конф. Екатеринбург, 2020. С. 122–131. URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/91840/1/fti_2020_015.pdf (дата обращения: 02.11.2022).

5. «Россети» использовали прототипы цифровых двойников ЛЭП в Карелии [Электронный ресурс]. URL: https://tass.ru/ekonomika/10336217 (дата обращения: 05.11.2022).

6. Степушин А. Как работает беспроводная зарядка для телефона [Электронный ресурс]. URL: https://smartphonus.com/как-работает-беспроводная-зарядка/?ysclid=l9laf78lcs284945418#Принцип_работы_беспроводной_зарядки_телефона (дата обращения: 07.11.2022).

УДК621.313.126

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ВЕТРА ДЛЯ АВАРИЙНОГО ПИТАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Чепайкин Максим Олегович[1], Шириев Равиль Рафисович[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]maxi.chep@bk.ru, [2]shrr@list.ru

В работе предлагается использование ветрогенератора в качестве источника энергии резервного питания промышленных сооружений, в случае вывода из строя основной электрической цепи. Приведены результаты сравнительный анализа параметров и возможностей практического применения.

Ключевые слова: энергетика, ветроустановка, ветрогенератор, электричество, алгоритм питания.

USE OF WIND ENERGY FOR EMERGENCY POWER SUPPLY OF INDUSTRIAL FACILITIES

Chepaykin Maxim Olegovich[1], Ravil Rafisovich Shiriev[2]
FGBOU VO "KGEU", Kazan
[1]maxi.chep@bk.ru, [2]shrr@list.ru

The paper proposes the use of a wind generator as a backup power source for industrial facilities, in case of failure of the main electrical circuit. A comparative analysis of their technical parameters and application possibilities is carried out.

Keywords: power engineering, wind turbine, wind generator, electricity, power supply algorithm.

Ветроэнергетика в России, становится все более востребованной. Ученые и инженеры различных специальностей усердно трудятся для развития этой отрасли в РФ.

В организации эффективной работы любого предприятия большое значение имеет выбор подходящего энергогенерирующего оборудования. Задачу бесперебойного энергоснабжения решают за счет оснащения производства автономными резервными источниками энергии. Помимо общепринятого дизель-генератора, существует альтернатива в виде ветрогенератора. Он может накапливать электроэнергию в АКБ, а затем при аварии от нее могут питаться важные потребители электроэнергии. Однако выводы АКБ не могут обеспечить большого напряжения и сама АКБ не способна проработать долгое время.

Основным элементом ветряных электростанций является ветрогенератор, который представляет собой сложное техническое устройство способное преобразовывать механическую энергию воздушных потоков в электрическую энергию для ее последующего непосредственного использования потребителями [1, 2]. Ветрогенераторы все чаще применяются в черте города, способствуя увеличению доли использования возобновляемых «зеленых» источников энергии.

Ветрогенератор с вертикальным винтом работает при минимальных скоростях вследствие меньшего момента трогания. КПД горизонтальной ВЭУ не много выше, чем у вертикальной [3]. Поэтому такую ВЭУ целесообразно использовать при питании электроприемников большей мощности. Основные подвижные элементы вертикально-осевых ВЭУ находится преимущественно в нижней части генератора, что облегчает доступ к генератору и их обслуживание [4]. Благодаря отличительным особенностям жесткой конструкции, вертикальные ветрогенераторы способны работать при больших скоростях ветра с минимальным сопротивлением ветру. К недостаткам горизонтально-осевых ветрогенераторов можно отнести необходимость наличия флюгера для постоянного поиска ветра, что усложняет конструкцию ВЭУ и повышает его стоимость.

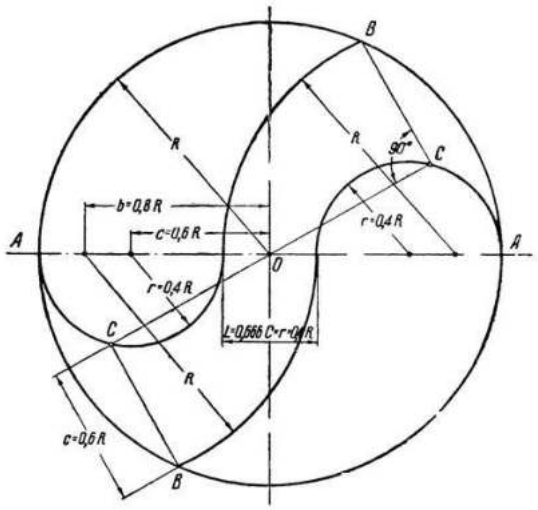


Схема лопастей генератора Угринского

Существует большое количество различных видов ветроустановок, однако нами был выбрал генератор Угринского (см. рисунок). Он состоит из двух лопастей S-образной формы, расположенных так, что при любом направлении ветра какая-нибудь часть направлена навстречу потоку ветра [5]. Как раз этот факт является его значимым преимуществом,

поскольку отсутствует мертвое положение лопастей и существенно возрастает КПД. В качестве основного размера такой схемы ротора принимается радиус диска. Важнейшим условием является соотношение средней части канала между лопастями равное 2/3 ширины устья канала.

Исходя из выше отмеченных преимуществ, ВЭУ вертикально-осевого типа подходит лучше для установки в качестве альтернативного источника питания системы освещения цехов промышленного предприятия.

Таким образом, использование ветрогенератора в качестве резервного питания имеет как свои достоинства, так и недостатки. Достоинством является отсутствие трат на поддержание работоспособности резервного питания (кроме установки генератора), а также возможность подпитывать от ветрогенератора другие потребители электроэнергии (при заряженной АКБ). К недостаткам же можно отнести малое время работы резервного питания и относительно небольшие мощности на выводах АКБ.

Источники

1. Германович В.Т., Турилин А.В. Альтернативные источники энергии. Практические конструкции по использованию энергии ветра, солнца, воды, земли, биомассы. СПб.: Наука и техника, 2014. 318 с.

2. Безруких П.П. Ветроэнергетика. Вымыслы и факты. Ответы на 100 вопросов. М.: Институт устойчивого развития, 2014. 74 с.

3. Константинова С. Типы ветродвигателей. Новые конструкции и технические решения // Энергетика и ТЭК. 2013. № 1. С. 16-20.

4. Рудаков А.И., Гиниятуллина И.Н. Согласование работы источников солнечной и ветровой энергии при получении электрической // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике: матер. XVI Всерос. открытая молодежная науч.-практ. конф. Казань, 2022. С. 93–95.

5. Баскаков А.П., Мунц В.А. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учеб. пособие. М.: ИД Бастет, 2013. 368 с.

Направление 8. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ. КОНТРОЛЬ, АВТОМАТИЗАЦИЯ И ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК, ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ

УДК 621-313.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА

Алексеев Евгений Витальевич
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
jenekaev@mail.ru

В процессе эксплуатации трансформатора масло происходят глубокие изменения, которые обычно называют старением. При старении изменяются химические и электрофизические показатели, которые характеризуют работоспособность масла. Изменения происходят в процессе эксплуатации трансформаторного масла вследствие физических и химических процессов, протекающих под воздействием температуры, электрического поля и циркуляции масла. Ароматические группы, находящиеся в составе трансформаторного масла в процессе эксплуатации, вследствие процессов старения, концентрация ненасыщенных циклических соединений повышается. Это может происходить как в результате обменных процессов с изоляционными материалами, так и в результате химических процессов ароматизации, т. е. циклизации и дегидрирования алканов. Целью работы является исследование физико-химических свойств трансформаторного масла, изготовление приспособления для определения в видимом диапазоне визуальным способом свойств трансформаторного масла и разработка метода определения ароматических соединений и коллоидных частиц в видимом диапазоне визуальным способом.

Ключевые слова: макет, трансформаторное масло, визуальный способ, ароматические соединения, коллоидные частицы.

INVESTIGATION OF CHARACTERISTICS OF TRANSFORMER OIL

Alekseev Evgeny Vitalievich
Kazan State Power Engineering University, Kazan
jenekaev@mail.ru

During the operation of the transformer, oil undergoes profound changes, which are usually called aging. With aging, the chemical and electrophysical parameters that characterize the performance of the oil change. Changes occur during the operation of transformer oil due to physical and chemical processes occurring under the influence

of temperature, electric field and oil circulation. Aromatic groups that are in the composition of transformer oil during operation, due to aging processes, the concentration of unsaturated cyclic compounds increases. This can occur both as a result of exchange processes with insulating materials, and as a result of chemical aromatization processes, i.e. cyclization and dehydrogenation of alkanes. The aim of the work is to study the physicochemical properties of transformer oil, to manufacture a device for determining the properties of transformer oil in the visible range by a visual method, and to develop a method for determining aromatic compounds and colloidal particles in the visible range by a visual method.

Keywords: layout, transformer oil, visual method, compuși aromatici, colloidal particles.

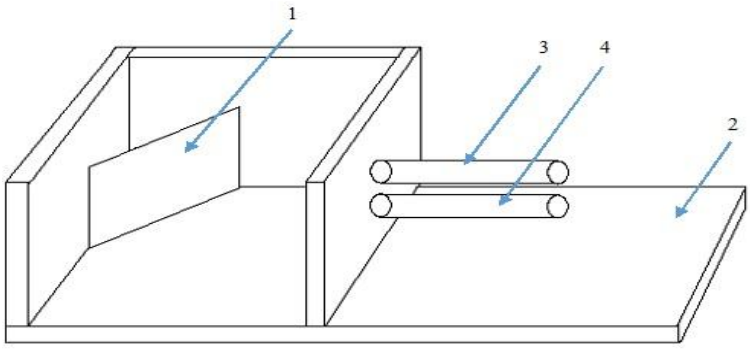
Проведены исследование трансформаторного масла на физико-химических свойства (кислотное число (КОН), тангенс угла диэлектрических потерь tgδ, влагосодержание, напряжения пробоя), исследование проводилась на 8 образцах разных типов трансформаторного масла Ткп, ГК+Ткп, ГК+Т1500, ВГ, результаты исследования физико-химических свойств представлены в таблице.

Результаты исследования физико-химических свойств

№ п/п	Пробивное напряжение, кВ	Влагосодержание, г/т	Кислотное число, мг КОГ/г	Тангенс угла диэлектрических потерь, %
1	55,0	16,51	0,007	0,210
2	73,1	13,44	0,033	1,210
3	66,0	14,94	0,039	0,198
4	73,1	11,73	0,006	0,123
5	76,5	14,29	0,010	0,070
6	80,0	17,01	0,006	0,105
7	80,0	13,09	0,019	0,436
8	78,9	14,20	0,007	0,074
9	74,4	22	0,005	0,072

Изготовлено приспособление (см. рисунок) для определения в видимом диапазоне визуальным способом свойств трансформаторного масла, который состоит из зеркала *1*, корпуса приспособления *2*, излучающего устройства *3* с светодиодом белого света, излучатель (лазер) красного света, излучатель ультрафиолета, излучатель (лазер) зеленого света *4*. Данное приспособление было изготовлена для исследования образцов трансформаторного масла в видимом диапазоне визуальным способом

и установлении корреляции между кислотным числом трансформаторного масла, тангенсом угла диэлектрических потерь и видимым диапазоном изображения трансформаторного масла при освещении видимым светом. Метод, основан на анализе рассеянного и прошедшего излучения, позволяет определять наличие в трансформаторном масле ароматических соединений и коллоидных частиц, а также определять их концентрации и размер. Метод определения в видимом диапазоне визуальным способом свойств трансформаторного масла позволит упростить выполнения анализа качества трансформаторного масла, а также снизит стоимость проведения исследования. В ближайшее время будут проведены исследования на образцах трансформаторного масла визуальным методом, для определения корреляции между показателями масла, такими как тангенсом угла диэлектрических потерь, кислотным числом с показателями цвета масла. По цвету трансформаторного масла можно будет установить концентрацию и размер коллоидных частиц и достигли ли показатели предельных значения. В основном определение типа и размеров частиц в трансформаторном масле осуществляется с помощью метода оптимизации роя частиц. В Российской Федерации примеси определяются согласно ГОСТ 6370 [6]. Основными параметрами, характеризующими степень старения трансформаторного масла, являются кислотное число и тангенс угла диэлектрических потерь [2–4]. Кислотное число определяют по ГОСТ 5985 [5] титрованием кислых соединений испытуемого продукта спиртовым раствором гидроокиси калия в присутствии цветного индикатора и определении для масел кислотного числа, выраженного в мг КОН/г. Тангенс угла диэлектрических потерь трансформаторного масла при частоте 50 Гц, как показано в [1], обусловлен только электрофоретической проводимостью коллоидных частиц и микроэмульсий.



Приспособление для определения в видимом диапазоне визуальным способом свойств трансформаторного масла

Источники

1. Липштейн Р.А., Шахнович М.И. Трансформаторное масло. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1983. 296 с.

2. РД 34.45-51.300-97 Объёмы и нормы испытаний электрооборудования. М., 2001. 177 с.

3. Karthik R., Sree Renga Raja T. Investigations of transformer oil characteristics // IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering. 2012. Vol. 7, Iss. 4. Pp. 369–374.

4. Parameter Regression Analysis [Электронный ресурс] / Dou Peng [et al.]. // Proc. of Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference. 2009. URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/4918669/authors#authors (дата обращения: 23.10.2022).

5. ГОСТ 5985-79. Нефтепродукты. Метод определения кислотности и кислотного числа. М.: Стандартинформ, 2009. 6 с.

6. ГОСТ 6370-2018. Нефть, нефтепродукты и присадки Метод определения механических примесей. М.: Стандартинформ, 2009. 6 с.

УДК 621.311.4

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ МЕТОД УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ ИЗОЛЯТОРОВ

Атрашенко Ольга Сергеевна[1], Былинкин Ярослав Юрьевич[2],
Тульчинский Дмитрий Сергеевич[3]
[1,2,3]КТИ (филиал) ВолгГТУ, г. Камышин
[1]olgapasmenko@yandex.ru, [2]yarusb3@gmail.com, [3]tulchinsky16@yandex.ru

Ультразвуковая дефектоскопия, являющаяся одним и предиктивных методов диагностики электрооборудования, позволит более эффективно обнаруживать дефекты еще на стадии их зарождения, в отличие от УФ- и ИК-контроля. В новой методике, с целью повышения оперативности диагностики объектов, планируется создание базы данных и внедрение их в нейросеть, которая сможет сигнализировать о возникших дефектах.

Ключевые слова: дефект, полимерный изолятор, фарфоровый изолятор, стеклянный изолятор, ультразвук, повреждение, ИК - диагностика, УФ-диагностика, рекуррентная нейронная сеть (РНС).

NON-DESTRUCTIVE METHOD ULTRASONIC INSPECTION OF INSULATORS

Atrashenko Olga Sergeevna[1], Bylinkin Yaroslav Yurievich[2],
Tulchinsky Dmitry Sergeevich[3]
[1,2,3]KTI (branch of) VSTU, Kamyshin
[1]olgapasmenko@yandex.ru, [2]yarusb3@gmail.com, [3]tulchinsky16@yandex.ru

Ultrasonic flaw detection, which is one of the predictive methods of diagnostics of electrical equipment, will make it possible to detect defects more effectively at the stage of their origin, unlike UV and IR control. In the new methodology, in order to increase the efficiency of object diagnostics, it is planned to create a database and introduce them into a neural network that will be able to signal the defects that have arisen

Keywords: polymer insulator, porcelain insulator, glass insulator ultrasound, damage, IR diagnostics, UV diagnostics,recurrent neural network (RNN).

Электрические изоляторы, предназначенные для крепления шин, проводов, троллей и прочих токоведущих элементов к корпусу электроустановки, консолям опор и прочим конструкциям, являются неотъемлемой частью электроэнергетики [1].

В ходе эксплуатации изоляторы развиваются различные дефекты, которые приводят к отключениям потребителей. По степени разрушения, наибольшую опасность представляют дефект контакта «металл–диэлектрик»,

возникающий при градиенте температур. Факторы, влияющие на развитие данного дефекта: влажность, вибрация, механические напряжения и прочие. Также к первоначальным дефектам можно отнести поверхностные трещины, выбоины, переувлажненные или загрязненные участки поверхности. Такие виды поверхностных дефектов наиболее характерны для изоляторов из электротехнического фарфора и являются предвестниками возможного поверхностного электрического пробоя [2].

Для изоляторов из высокополимерных материалов характерны: дефекты внутри полимерного материала в виде полостей микро и макроразмеров без выхода или с выходом на поверхность; образование трека на поверхности оболочки под воздействием частичных разрядов; хрупкий излом [3].

Наиболее популярными методами дефектоскопии являются ультрафиолетовая (УФ) и инфракрасная (ИК). Однако, данные методы эффективны лишь на последних стадиях развития дефекта и включают в себя весомые трудозатраты. Авторами был проведен эксперимент по обследованию и выявлению перемежающегося частичного разряде по поверхности полимерного изолятора с помощью ИК-диагностики. Был сделан вывод об неэффективности данного метода, так как распределение температуры по поверхности измеряемого объекта не позволяет выявить данное явление.

Перспективным направлением развития диагностики, является развитие ультразвуковой дефектоскопии, позволяющая обнаружить дефект на ранней стадии его развития сигнализируя о нем на спектрограмме. При контроле полимерных изоляторов ультразвуковой дефектоскопией с фазированной решеткой, позволит визуализировать дефект [4].

Авторами были проведены исследования зависимости уровня сигнала во времени для фарфоровых, стеклянных и полимерных изоляторов, построены графики. Эксперимент показал, что при возникновении частичного перекрытия уже возникает изменение уровня сигнала и увеличивается до максимального значения при полном перекрытии.

В условиях развития предиктивной диагностики, основанной на сборе и анализе больших данных (big data), дальнейшего прогнозирования состояния при помощи машинного обучения, метод эхо-состояний (ESN) подходит наилучшим образом, так как имеет хороший объем кратковременной памяти [5].Для повышения оперативности диагностики и получения результатов, предлагается создать соответствующие базы данных и предоставить их рекуррентные нейросети с обратная связь для воспроизведения целой последовательности реакций [6].

Источники

1. Метод и устройство диагностики состояния высоковольтных изоляторов на основе непрерывной регистрации пространственного уровня электромагнитного излучения частичных разрядов / Т.Г. Галиева [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 4. С. 165–177.

2. Основные виды дефектов в высоковольтных изоляторах [электронный ресурс]. URL: https://studexpo.net/541854/tehnologiya_ mashinostroeniya/ osnovnye_vidy_defektov_vysokovoltnyh_izolyatorah (дата обращения: 06.11.2022.)

3. Гатауллин А.М., Матухин В.Л., Низамов И.И. Метод неразрушающего контроля полимерных композитных изоляторов напряжением 35 кВ // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2015. № 2 (219). С. 119–125.

4. Influence of water and defects on abnormal temperature rise of composite insulator [Электронный ресурс] / Yanpeng Hao [et al.] // Engineering Failure Analysis. 2022. Vol. 135. URL: https://www.sciencedirect.com/science/ article/pii/S135063072200108X (дата обращения: 06.11.2022).

5. Echo state network applied for classification of medium voltage insulators [Электронный ресурс] / Stéfano Frizzo Stefenon [et al.] // International Journal of Electrical Power & Energy Systems. 2022. Vol. 134. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142061521005755 (дата обращения: 06.11.2022).

6. Бендерская Е.Н., Никитин К.В. Рекуррентная нейронная сеть как динамическая система и подходы к ее обучению // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2013. № 4 (176). С. 29–40.

УДК 621-313.3

РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ЖИВУЧЕСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ НЕФТЕХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ВОЗМУЩЕНИЯХ В СЕТИ 110 кВ

Афлятунова Лилия Газинуровна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
aflyatunovalg@gmail.com, AflyatunovaLG@tgc16.sibur.ru

Статья посвящена разработке моделей живучести технологических процессов нефтехимического производства ПАО «Казаньоргсинтез» при возмущениях в сети 110 кВ. Разрабатываемые модели предусматривают внедрение газотурбинной установки на Казанской ТЭЦ-3, которая может применяться в качестве резервного источника электроснабжения в случае отключения РУ с ПГУ.

Ключевые слова: модель живучести, схема электроснабжения сети, короткое замыкание.

DEVELOPMENT OF MODELS OF SURVIVABILITY OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF PETROCHEMICAL PRODUCTION UNDER DISTURBANCES IN THE 110 kV NETWORK

Aflyatunova Lilija Gazinurovna
Kazan State Power Engineering University, Kazan
aflyatunovalg@gmail.com, AflyatunovaLG@tgc16.sibur.ru

The article is devoted to the development of models of survivability of technological processes of petrochemical production of PJSC "Kazanorgsintez" under disturbances in the 110 kV network. The developed models provide for the introduction of a gas turbine unit at the Kazan CHPP-3, which can be used as a backup power supply source in the event of a shutdown of the RC from the CCGT.

Keywords: survivability model, network power supply scheme, short circuit.

Данная статья посвящена разработке моделей живучести технологических процессов нефтехимического производства при возмущениях в сети 110 кВ.

Технологический процесс нефтехимического производства (ПАО «Казаньоргсинтез») – это процесс преобразования исходного сырья (нефтепродукт) в конечный продукт с использованием предназначенного для этого оборудования.

Под живучестью понимается способность технологического процесса нефтехимического производства сохранять работоспособность при возникновении возмущений в сети 110 кВ.

ОРУ-110 кВ ПАО «Казаньоргсинтез» находится на Казанской ТЭЦ-3 (КТЭЦ-3).

Под возмущениями в сети 110 кВ, как правило, понимаются аварийные отключения элементов сети вследствие коротких замыканий.

В питающей сети 110 кВ на КТЭЦ-3 возникают возмущения (КЗ). Это приводит к нарушению электроснабжения и остановке технологического процесса на ПАО «Казаньоргсинтез». Для решения этой проблемы необходимо разработать модели, повышающие живучесть технологического процесса.

Разрабатываемая модель предусматривает внедрение газотурбинной установки на КТЭЦ-3, которая может применяться в качестве резервного источника электроснабжения в случае отключения РУ с ПГУ.

Объект исследования ОРУ ПАО «Казаньоргсинтез», расположенная на КТЭЦ-3.

Предмет исследования – показатели надежности электроснабжения для схемы с ГТУ и без ГТУ.

Целью является сокращение издержек ПАО «Казаньоргсинтез» в результате нарушения технологических процессов нефтехимического производства при возмущениях в сети 110 кВ на КТЭЦ-3.

В соответствии с указанной целью поставлены следующие задачи исследования:

1. Рассмотреть основы надежности электрических сетей и схем ОРУ подстанций.

2. Анализ объектов схемы электроснабжения сети. Питающая подстанция и КТЭЦ-3.

3. Разработать методику формирования моделей надежности вариантов сети.

4. Расчет комплексных показателей вариантов питающей сети.

Научная новизна: Разработка комплексных показателей к оценке надежности электроснабжения и качества электроэнергии, отличительной чертой которого является учет взаимозависимости надежности и качества. Технико-экономическое обоснование рекомендаций по повышению надежности и поддержания их на заданном уровне.

Практическая значимость работы заключается в использовании разработанных комплексных показателей совместного анализа и синтеза надежности электроснабжения при планировании дальнейшего развития инфраструктуры электроснабжения.

Источники

1. Галиев И.Ф., Максимов В.В., Галиев Р.И. Вопросы проектирования и эксплуатации объектов электрических сетей: учеб. пособие. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2020, 222 с.

2. Концепция обеспечения надежности в электроэнергетике / Н.И. Воропай [и др.]. М.: ООО ИД «ЭНЕРГИЯ», 2013. 212 с.

3. Папков Б.В., Куликов А.Л. Теория систем и системный анализ для электроэнергетиков. М.: Юрайт, 2016. 470 с.

4. Папков Б.В., Пашали Д.Ю. Надежность и эффективность электроснабжения: учеб. пособие. Уфа: УГАТУ, 2005. 380 с.

5. Обоскалов В.П. Структурная надежность электроэнергетических систем: учебное пособие. Екатеринбург: УрФУ, 2012. 194 с.

6. Воропай Н.И. Надежность систем электроснабжения: учеб. пособие. Новосибирск. Издательская фирма РАН, 2015. 207 с.

7. Основы теории надежности систем электроснабжения: учеб. пособие / В.В. Карпов [и др.]. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2003. 72 с.

8. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года [Электронный ресурс]: утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. № 1715-р. URL: https:/minenergo.gov.ru/node/1026/ (дата обращения 28.10.2022).

УДК 621.6-52:662.659

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОДДЕРЖАНИЯ РАБОЧЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ В МЕТАНТАНКАХ

Сафаров Ильдар Мирсаяфович[1], Васина Анжелина Юрьевна[2],
Хусаинов Александр Артурович[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]ildar.safarov@mail.ru, [2]anzhyan@yandex.ru

В статье предложено внедрение частотного пропорционально-интегрально-дифференцирующего-регулятора для поддержания необходимой для брожения биомассы температуры в установке, приведена принципиальная схема Мини-ТЭС с автоматизированной системой поддержания температуры.

Ключевые слова: метан, биогазовая установка, пропорционально-интегрально-дифференцирующего-регулятор, автоматическое поддержание температуры, система автоматического управления.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE BIOGAS PLANT BY IMPLEMENTING A SYSTEM TO AUTOMATICALLY MAINTAIN THE OPERATING TEMPERATURE IN THE DIGESTERS

Safarov Ildar Mirsayafovich[1], Vasina Anzhelina Yurievna[2],
Khusainov Aleksandr Arturovich[3]
[1,2,3]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]ildar.safarov@mail.ru, [2]anzhyan@yandex.ru

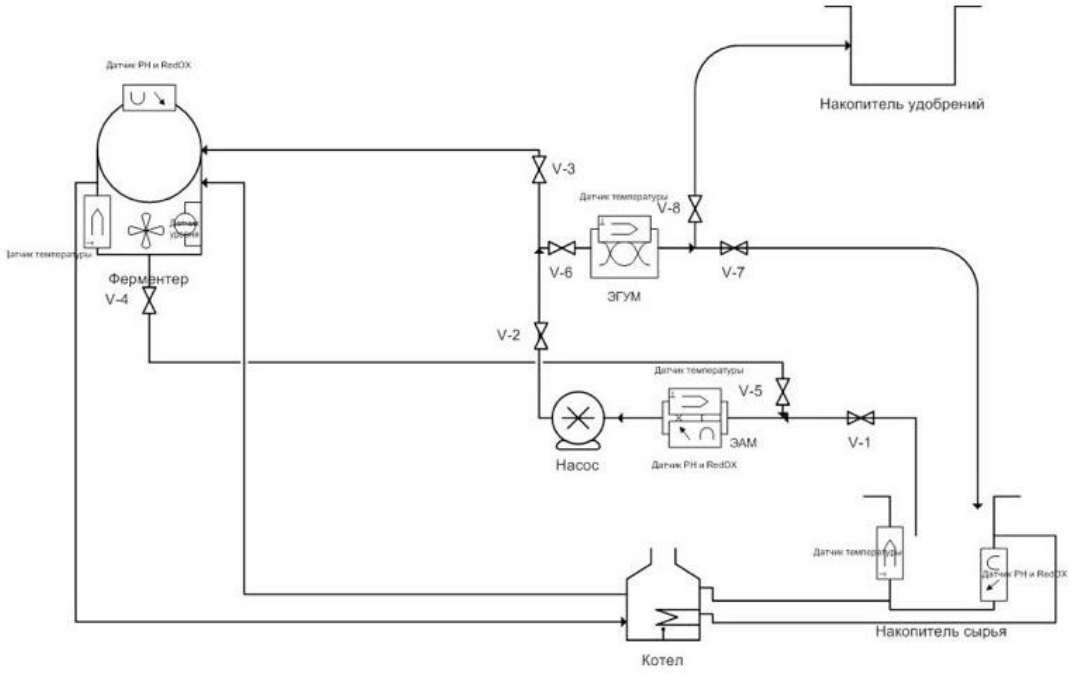
The paper proposes the introduction of frequency proportional-integral-differential regulator to maintain the temperature necessary for the fermentation of biomass in the installation, the schematic diagram of mini-TPP with an automated temperature maintenance system is given.

Keywords: methane, biogas plant, proportional-integral-differential regulator, automatic temperature maintenance, automatic control system.

Транспортировка биомассы остается дорогостоящим мероприятием для ферм, из-за чего они часто вынуждены складировать отходы рядом с ангарами, а образующиеся в процессе распада газы негативно влияют на окружающую среду [1]. Большое количество отходов на фермах создает проблему их утилизации, а для их транспортировки требуются значительные финансовые вложения, поэтому поиск решений, позволяющих сократить негативное влияние на окружающую среду и правильно утилизировать биоотходы остается актуальной задачей [2].

Проблему переработки отходов обычно решают путем внедрения мини-ТЭС, перерабатывающей животные отходы в биогаз, а остатки утилизирующей в виде чистых биологических удобрений [3]. В биогазовых системах, представленных на рынке, процесс поддержания брожения при температуре 40–50 °С является круглосуточным, а значит затратным. Так как при круглосуточной подаче энергии на поддержание температуры брожения в ферментерах, появляются большие расходы несоразмерные с нуждами в потребляемом тепле, необходимо решение, способное повысить экономичность использования установки. Это можно сделать благодаря внедрению автоматизированной системы поддержания температуры брожения в метантенках, регулирующую подачу тепла.

Для управления биогазовой установкой предложено использование пропорционально-интегрально-дифференцирующего-регулятора (далее ПИД-регулятор), позволяющего автоматизировать протекающие процессы в биогазовой установке. Принципиальная схема Мини-ТЭС с автоматизированной системой поддержания температуры представлена на рисунке.



Принципиальная схема Мини-ТЭС с автоматизированной системой поддержания температуры

При снижении температуры брожения автоматизированная система регулирования тепла будет подавать сигнал на подогрев до необходимого градуса. Управление процессом осуществляет контроллер АСУ. Контроллер связан с БПТ (блок поддержания температуры), для получения

данных об температурных изменениях внутри процесса. Включение нагревания при этом производится только при остывании субстрата, что также позволит сэкономить на содержании биогазовой установки.

Такой вид экономии энергии на содержание биогазовых установок очень удобен, затраты на постоянный подогрев снижаются, вместе с тем остается выгода с утилизации отходов и получение качественного удобрения [4, 5]. Использование данного подхода в перспективе может позволить значительно снизить затраты на энергию для утилизации биомассы, сэкономить электроэнергию за счет получения экологически чистых удобрений от биомассы, а также повысить производительность всей биогазовой установки.

Источники

1. Василов Р.Г. Перспективы развития производства биотоплива в России. Сообщение 3: биогаз // Вестник биотехнологии и физико-химической биологии им. Ю.А. Овчинникова. 2007. Т. 3, № 3. С. 54–61.

2. Повышение системной эффективности ТЭЦ как фактор перехода к ресурсосберегающей и экологически безопасной энергетике / С.С. Белобородов // Вестник казанского государственного энергетического университета. 2021. Т. 13, № 3. С. 135–145.

3. Соснина Е.Н., Филатов Д.А. Автоматизированная информационная база данных по энергоустановкам на возобновляемых источниках энергии // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева. 2014. № 1. С. 194–199.

4. Осмонов О.М. Расчет биоэнергетической установки: метод. указания. М.: Изд-во ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. 68 с.

5. Петров С.В., Решетникова И.В., Вохмин В.С. Применение электротехнологий при метановом сбраживании отходов [Электронный ресурс] // Инженерный вестник Дона. 2012. № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/896/ (дата обращения: 27.10.2022).

УДК 621.311.4:004.896

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОНЦЕПЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ SMART-GRID НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОДСТАНЦИЯХ

Васина Анжелина Юрьевна[1], Сафин Марат Абдулбариевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]anzhyan@yandex.ru, [2]safin.ma@kgeu.ru

С появлением понятия ESG-факторов, цифровая трансформация энергетического комплекса стала актуальной проблемой, требующей решения, направленного на преодоление проблемы повышения надежности систем электроснабжения, увеличения способности противодействовать повреждениям внутреннего и внешнего характера. В статье определенны особенности системы Smart-Grid и перспективы ее применения, а также выделены возможные проблемы, сдерживающие развитие технологии на отечественных предприятиях.

Ключевые слова: электроснабжение, облачные вычисления, Smart-Grid, интеллектуальный учет, автоматизация.

PROBLEMS AND PROSPECTS OF APPLICATION OF THE SMART-GRID CONCEPT AT POWER SUBSTATIONS

Vasina Anzhelina Yurievna[1], Safin Marat Abdulbarievich[2]
[1,2,3]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]anzhyan@yandex.ru, [2]safin.ma@kgeu.ru

With the emergence of the concept of ESG factors, the digital transformation of the energy complex has become an urgent problem that requires a solution aimed at overcoming the problem of improving the reliability of power supply systems, increasing the ability to counteract damage of internal and external nature. The article identifies the features of the Smart-Grid system and the prospects for its application, as well as highlighting possible problems that hinder the development of technology in domestic enterprises.

Keywords: power supply, cloud computing, Smart-Grid, smart metering, automation.

Как известно, поломки и физический износ оборудования, применяемого в электроэнергетике, напрямую влияет на снижение производственных мощностей, что влечет за собой финансовые потери и ухудшение снабжения потребителей. Однако, средний технический уровень оборудования в распределительных отечественных электрических сетях по ряду параметров соответствует оборудованию, которое применялось в развитых странах 25–30 лет назад. Общий износ распределительных электрических

сетей достиг 70 %, магистральных – около 50 %. Согласно стратегии научно-технологического развития Российской Федерации до 2035 года, к энергокомпаниям выдвигается ряд требований по снижению потерь электроэнергии и повышению эффективности управления [1]. Таким образом, поиск решений, позволяющих повысить качество распределения и производительность внутренних процессов предприятия, а также оценка перспективности их внедрения, остается важной задачей.

Технология Smart-Grid (умная сеть электроснабжения) представляет собой модернизированные сети электроснабжения, обеспечивающие эффективность распределения электроэнергии. Особенность системы заключается в способности адаптироваться под нагрузки и подстраиваться под потребности потребителя за счет создания единой цифровой платформы, внедрения интеллектуальных систем учета, новых клиентских сервисов [2].

Процессы обмена между элементами подстанции происходят по протоколам стандартов IEC 61850, 61968/61970, обеспечивающих интегрирование устройств в единую систему, включающую в себя ряд интеллектуальных устройств для дистанционного управления. Удаленное хранение и автоматическое обновление данных, на основании которых формируются прогнозы сети, обеспечивается благодаря облачным вычислениям Cloud Computering (облачные вычисления).

Применение технологии Smart-Grid, как компьютерной технологии дистанционного управления и автоматизации, в перспективе может повысить качество и надежность электроснабжения, а также сделает возможным участие потребителей в оптимизации работы системы [3].

Тем не менее, существует ряд проблем, сдерживающих развитие данной технологии на отечественных предприятиях [4, 5]. Электроэнергетический комплекс является одной из наиболее консервативных отраслей. В результате продолжительного процесса реформирования данного сектора советская система была разделена на множество частных предприятий, что привело к децентрализованной инфраструктуре с низкой пропускной способностью, а низкая надежность отразилась в длительных перерывах в энергоснабжении.

Кроме того, российский электросетевой комплекс характеризуется низкой оснащенностью интеллектуальными приборами учета (около 9 %), отсутствием единой базы и стандартов сбора данных, отсутствием их защищенности; включает в себя свыше 70 млн собственников несовместимых приборов учета и не предполагает доступ субъектов рынка к ним.

Сам по себе интеллектуальный учет не является самодостаточной технологией, а в электроэнегретическом законодательстве отсутствует ряд понятий, связанных с ним. Неравномерность автоматизации отрасли связана с тем, что компании-заказчики предпочитают заказные разработки и уклоняются от приобретения прав на программное обеспечение как на лицензионный объект. Это приводит к тому, что продукты, принадлежащие отдельным заказчикам, не масштабируются и не развиваются.

На данном этапе, развитие цифровой инфраструктуры в России достаточно ограничено, при этом данное направление остается достаточно перспективным. Положительный эффект от внедрения новых разработок в отечественную энергосистему возможен при грамотном подходе к реализации сетевой организации, обеспечении унификации приборов учета, тщательной проработки законодательства в области внедрения цифровых технологий и сокращение сетевых потерь.

Источники

1. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года [Электронный ресурс]: утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 г. №1523-р. Доступ из справ.-правовой системы «Гарант» (дата обращения: 23.10.2022).
2. Данилова О.В. Цифровые технологии и перспективы развития электросетевого комплекса России // Вестник Тверского государственного университета. 2019. № 2 (46). С. 95–104.
3. Криштаносов В.Б. Цифровая экономика: современные направления, динамика развития и вызовы // Труды БГТУ. Серия 5: Экономика и управление. 2020. № 1. С. 23.
4. Данилова О.В., Новикова И.В., Криштаносов В.Б. Проблемы цифровизации ключевых секторов экономики в Российской Федерации и Республике Беларусь: Smart Grid в электроэнергетике // Труды БГТУ. Серия 5: Экономика и управление. 2021. № 2 (250). С. 5–14.
5. Савенко А.Е., Савенко П.С. Использование и совершенствование автоматических систем для управления рассредоточенными источниками электроэнергии в локальных электрических системах // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 4. С. 105–115.

УДК 621-311.163

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СХЕМ РЭС ЛЭП ДЛЯ ПИТАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Гайфуллин Инсаф Ильдарович[1], Муратаева Галия Амировна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
insafuk.vaz.2109@gmail.com

Существующая методика проектирования схемы распределительной электрической сети ЛЭП существенно устарела. Имеется острая необходимость совершенствования традиционной методики расчёта схемы РЭС за счёт внедрения в расчет технико-экономических показателей воздушных линий с учётом особенностей рыночной экономики.

Ключевые слова: линия электропередач, традиционная методика расчета, эффективность инвестиционного проекта.

IMPROVEMENT OF THE DESIGN METHODOLOGY OF RES POWER TRANSMISSION CIRCUITS FOR CONSUMER POWER

Gayfullin Insaf Ildarovich[1], Muratayeva Galiya Amirovna[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
insafuk.vaz.2109@gmail.com

The existing method of designing the circuit of the distribution electric network of power transmission lines is significantly outdated. There is an urgent need to improve the traditional method of calculating the RES scheme by introducing technical and economic indicators of overhead lines into the calculation, taking into account the peculiarities of the market economy.

Keywords: power transmission line, traditional calculation method, efficiency of the investment project.

В современных условиях рассмотренные традиционные методы выбора сечений проводов и жил кабелей, также как и выбора номинального напряжения линий электропередач (ЛЭП), требуют дополнительного обоснования в соответствии с методикой. Границы экономических токовых интервалов сечений проводов ВЛ и закрепленные в ПУЭ нормы на экономическую плотность тока были получены несколько десятилетий назад и уже в то время требовали корректировок. В условиях рыночной экономики эти характеристики тем более требуют пересмотра. К тому же значительные изменения претерпели стоимостные показатели

как основного оборудования ЛЭП, так и стоимость строительно-монтажных работ, а следовательно, и укрупненные показатели стоимости сооружения ВЛ и ЮТ. Изменились также и затраты на возмещение потерь электроэнергии.

Поэтому на сегодняшний день назрела необходимость совершенствования традиционной методики расчёта схемы РЭС за счёт внедрения в расчет технико-экономических показателей ЛЭП (номинальное напряжение, число параллельных цепей, сечение токоведущих элементов, материал, габариты опор), с учётом особенностей рыночной экономики, как одной из наиболее существенных статей расходов при проектировании варианта электрической сети [1].

В основу оценки эффективности инвестиционных проектов (ИП) строительства оптимальной схемы РЭС должны быть положены следующие основные принципы [2]:

– рассмотрение проекта на протяжении всего его жизненного цикла (расчетного периода) – от проведения предивестиционных исследований до прекращения проекта;

– моделирование денежных потоков, включающих все связанные с осуществлением проекта денежные поступления и расходы за расчетный период с учетом возможности использования различных валют;

– сопоставимость условий сравнения различных проектов (вариантов проекта);

– принцип положительности и максимума эффекта;

– учет фактора времени;

– сравнение «с проектом» и «без проекта»;

– учет всех наиболее существенных последствий проекта;

– многоэтапность оценки;

– учет влияния инфляции;

– учет (в количественной форме) влияния неопределенностей и рисков, сопровождающих реализацию проекта.

В части оценки эффективности ИП строительства оптимальной схемы РЭС должен быть положен анализ, включающий в себя следующие этапы:

– технико-экономическое сопоставление вариантов инвестиционных решений на основе методов экономической оценки и принятых критериев эффективности;

– обоснование экономической реализуемости (финансовой состоятельности) рекомендованного варианта;

– финансовый анализ (оценка влияния изменения внешних факторов на показатели проекта).

Различают два вида заключений об эффективности ИП:

– абсолютная эффективность, если предпочтение отдается инвестициям вместо альтернативы отказа от них;

– относительная (сравнительная) эффективность, если выбирается наиболее предпочтительный из нескольких взаимоисключающих (альтернативных) инвестиционных проектов.

Для оценки как абсолютной, так и относительной эффективности ИП необходимо использовать следующие параметры:

– чистый дисконтированный доход (ЧДД);

– эквивалентный аннуитет – это последовательность платежей одинакового размера, которые производятся в каждый период рассматриваемого времени ради накопления определенной суммы в будущем;

– дисконтированный срок окупаемости – продолжительность наименьшего периода, по истечении которого накопленный ЧДД становится и в дальнейшем остается неотрицательным.

Таким образом, для определения методики проектирования схемы распределительной электрической сети для питания потребителей необходимо исследование совокупности вопросов, связанных с выбором основных параметров линий электропередачи в процессе перспективного проектирования электрических сетей энергосистем, в том числе и с учетом особенностей рыночной экономики.

Источники

1. Волков Э.П., Баринов В.А., Маневич А.С. Проблемы и перспективы развития электроэнергетики России. М.: Энергоатомиздат, 2001. 430 с.

3. Файбисович Д.Л. Некоторые вопросы развития электрических сетей России // Энергетик. 2018. № 3. С. 18–21.

4. Князева Ю.В., Валиуллина Д.М. Выбор конфигурации схемы электрической сети с применением реклоузеров // Электрические сети: надежность, безопасность, энергосбережение и экономические аспекты: матер. Междунар. науч.-практ. конф. / редкол.: В.В. Максимов (отв. редактор) [и др.]. Казань, 2022. С. 170–178.

5. Савина Н.В., Лисогурский И.А., Лисогурская Л.Н. Выбор схемных и технических решений для улучшения качества электроэнергии в адаптивных сетях с тягой переменного тока // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 3. С. 42–54.

УДК 620.1.08

БЕСКОНТАКТНЫЕ МЕТОДЫ ВЫЯВЛЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ИЗОЛЯТОРОВ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ

Галимов Радиф Рашитович[1], Чугунова Валерия Юрьевна[2]
[1,2] ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]g.radif12@mail.ru, [2]ch_lera90@mail.ru

Надежность работы электрических сетей взаимосвязана с нарушениями в работе электрооборудования, в том числе и воздушных линий электропередачи, как одного из основных элементов электроэнергетической системы. Соответственно, выявление повреждений на раннем этапе их появления позволит избежать серьезных последствий аварийных ситуаций. Одним перспективных методов оценки состояния воздушных линий являются бесконтактные методы, такие как тепловизионное и ультрафиолетовое сканирование. Однако существующие методы требуют разработки критериев оценки повреждений. Поэтому создание новых или повышение эффективности существующих методов не теряет своей актуальности. Перспективным направлением в решении данной проблемы является контроль изоляции с использованием регистрации частичных разрядов.

Ключевые слова: частичный разряд, методы, УФ-излучение, повреждения, изоляция, диагностика.

CONTACTLESS METHODS FOR DETECTING MALFUNCTIONS OF OVERHEAD LINE INSULATORS

Galimov Radif Rashitovich[1], Chugunova Valeria Yurievna[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]g.radif12@mail.ru, [2]ch_lera90@mail.ru

The reliability of electrical networks is interconnected with disturbances in the operation of electrical equipment, including overhead power lines, as one of the main elements of the electric power system. Accordingly, the detection of damage at an early stage of their occurrence will avoid serious consequences of emergency situations. One of the promising methods for assessing the condition of overhead lines are non-contact methods, such as thermal imaging and ultraviolet scanning. However, existing methods require the development of damage assessment criteria. Therefore, the creation of new or improving the effectiveness of existing methods does not lose its relevance. A promising direction in solving this problem is isolation monitoring using partial discharge registration.

Keywords: partial discharge, methods, UV-radiation, damage, isolation, diagnostics.

Явление частичного разряда. Частичным разрядом (ЧР) возникает, как правило, внутри или на поверхности изоляции высоковольтных токоведущих частей. Одиночный частичный разряд не несет опасности

и не способен навредить электрооборудованию (ЭО). Но, возникая регулярно, такие разряды приводят к разрушению изоляции, и как следствие, к короткому замыканию. Чаще всего частичные разряды наблюдаются в местах неоднородности изоляции. А с учётом того, что подобные разряды провоцируют повреждения, то чем хуже состояние линии электропередачи, тем чаще они возникают. Именно частичные разряды возникают в первую очередь при зарождении повреждений и, таким образом, могут выступать в качестве индикатора.

Явление коронного разряда. Коронный разряд (КР), один из видов электрического разряда в газе, возникающий в резко неоднородном электрическом поле у электрода с малым радиусом закругления (острия, тонкие провода). Коронный разряд в воздухе сопровождается свечением и характерным потрескиванием (рис. 1).

Однако и ЧР и КР в подавляющем большинстве случаев не может быть определен тепловизионной съемкой (рис. 2).

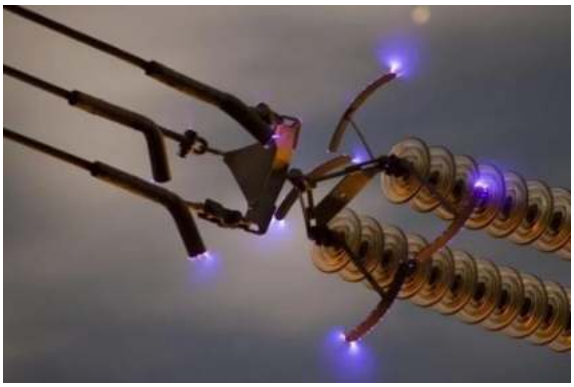


Рис. 1. Явление коронного разряда

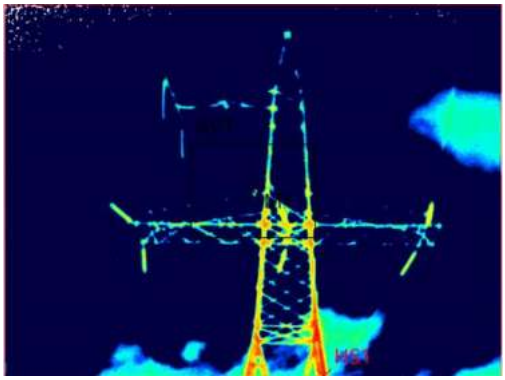


Рис. 2. Тепловизионное изображение коронного разряда

Оптический метод обнаружения КР и ЧР на ЭО является самым распространенным, связанным с определением местоположения коронных разрядов. На его основе разработан ряд отечественных и зарубежных приборов, которые позволяют проводить УФ-диагностику, в том числе и в светлое время суток.

Ультрафиолетовое сканирование включает в себя следующие основные аспекты:

1) обнаружение сбоя устройства;

2) обнаружение покрытия загрязняющих веществ;

3) обнаружение дефектов изоляции.

Активность короны может возникать во многих точках ВЛ и подстанций. Крайне важно уметь определить местоположение и направить поврежденный компонент на замену или ремонт. Результаты исследования

показывают, что технология обнаружения УФ-изображений может эффективно и на ранней стадии выявлять некоторые неисправности в работе ЭО, что ценно для распространения в будущем.

Источники

1. Лизунов И.Н. Фотоэлектронный способ и прибор для регистрации коронных разрядов на высоковольтном электрооборудовании: дис. ... канд. техн. наук. Казань, 2011. 168 с.

2. Живодерников С.Н. Разработка методики и аппаратуры регистрации частичных разрядов в электрооборудовании под рабочим напряжением: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Новосибирск, 2004. 163 с.

3. Овсянников А.Г. Разработка методов диагностики изоляции высоковольтного энергетического оборудования под рабочим напряжением на основе регистрации частичных разрядов: автореф. дис. ... д-ра техн. наук. Новосибирск, 2001. 431 с.

4. Research on Mechanism and Ultraviolet Imaging of Corona Discharge of Electric Device Faults / Z. Chunyan [et al.] // Conference Record of the IEEE International Symposium on Electrical Insulation. 2008. Pp. 690–693.

5. Частичные разряды в изоляции высоковольтного оборудования [Электронный ресурс]. URL: https://dimrus.ru/texts/pdtext.html (дата обращения: 13.09.2022).

6. Коронный разряд [Электронный ресурс]. URL: https:// chipstock.ru/ vybor/koronnyj-razryad.html (дата обращения: 17.09.2022).

УДК 621.311

ПРИМЕНЕНИЕ SCADA В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Галимова Адиля Маратовна[1], Куракина Ольга Евгеньевна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
galimadik.3456@yandex.ru

В данной статье рассматривается применение системы SCADA в сфере электроснабжения для автоматизации и повышения эффективности работы электростанций. Разобраны ключевые функции и компоненты подобных систем, а также преимущества их использования.

Ключевые слова: электроснабжение, SCADA, системы, контроль, управление.

APPLICATION OF SCADA IN POWER SUPPLY SYSTEMS

Galimova Adilya Maratovna[1], Kurakina Olga Yevgenyevna[2]
Kazan State Power Engineering University, Kazan
galimadik.3456@yandex.ru

This article discusses the application of the SCADA system in the field of power supply to automate and improve the efficiency of power plants. The key functions and components of such systems are analyzed, as well as the advantages of using them.

Keywords: power supply, SCADA, systems, control, management.

В современном цифровом мире мы ищем новые возможности для автоматизации и ускорения работы и производственных процессов. С момента изобретения компьютера и Интернета машины начинали интегрировать вычислительные технологии в систему. Этот прогресс в традиционных системах положил начало новой эпохе промышленной революции. И, как и любая другая, система электроснабжения не исключение. Энергетические системы развивались в соответствии с потребностями инвесторов, потребителей и операторов на протяжении последних десятилетий. Решения по планированию ресурсов предприятия привели к автоматизации энергетических систем. Итак, в конце двадцатого века энергосистемы начали включать в себя систему SCADA.

Генерирующие станции и линии электропередачи были соединены между собой для обеспечения резервирования. По мере того, как система расширялась и начала масштабироваться, управлять ею становилось все труднее. Требовались решения, которые могут справиться с проблемами управления оборудованием на больших расстояниях. Многие производст-

венные цеха, удаленные объекты и промышленные предприятия полагались на персонал для контроля оборудования и ручного управления с помощью механических кнопок и аналоговых циферблатов. По мере того, как спрос на надежную электроэнергию рос еще больше, а рабочая сила стала значительной частью затрат на обеспечение электроэнергией, были разработаны такие технологии, как SCADA, которые позволяют осуществлять удаленный мониторинг и контроль ключевых параметров системы.

SCADA – это система различных аппаратных и программных элементов, которые объединяются вместе, чтобы позволить оператору завода или объекта контролировать процессы и управлять ими. Диспетчерское управление дает оператору обзор производственного процесса и позволяет интегрировать работу между контроллерами нижнего уровня. Сбор данных – это процесс выборки сигналов путем измерения физических свойств реального мира в виде сигналов и преобразования их из аналоговой формы сигнала в цифровые числовые значения, чтобы их можно было обрабатывать на вычислительных машинах [1].

Система SCADA имеет некоторые ключевые функции, которые описаны ниже [2, 3].

Контроль. Управление в SCADA означает отправку командных сообщений устройству для работы с системой контрольно-измерительных приборов и автоматике и устройствами энергосистемы.

Сбор данных. Вместо сбора данных и заполнения таблиц вручную SCADA автоматически собирает информацию в режиме реального времени. SCADA собирает данные с сотен или даже тысяч датчиков одновременно. Он также генерирует задержки для последующего анализа.

Передача данных. SCADA доставляет информацию в центральный узел. Коммуникационная сеть передает все данные, собранные с датчиков. Более ранние системы имели радио или модем. Сегодня данные SCADA передаются по интернет-протоколу (IP) и Ethernet.

Представление данных. SCADA взаимодействует с людьми-операторами через компьютеры рабочих станций, которые развертывают человеко-машинный интерфейс (HMI). Главная станция представляет общий обзор всей системы и предупреждает оператора с помощью визуального дисплея или звукового сигнала.

Также, система состоит из следующих компонентов: датчики, единицы преобразования, программируемые логические контроллеры (ПЛК), удаленные терминальные блоки (УТБ), сеть связи, главный блок, сервер удаленной связи [4, 5].

Обычно SCADA-системы используются, когда возникает необходимость в автоматизации сложных процессов, где управление человеком невозможно. Секторы производства, передачи и распределения электроэнергии, надзор, мониторинг и контроль являются основными аспектами во всех этих областях. Таким образом, внедрение SCADA в энергетическую систему повышает общую эффективность системы для оптимизации, контроля и управления системами генерации, передачи и распределения. Таким образом, мы можем сделать вывод, что для энергетического сектора важно оптимизировать свои системы в соответствии с требованиями технических изменений.

Источники

1. Повышение точности определения места повреждения в линиях электропередачи / К.В. Суслов [и др.] // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2020. Т. 20, № 3 (47). С. 3–13.

2. Анзимиров Л.В. Использование SCADA Trace Mode для разработки систем учета электроэнергии (АСКУЭ/АСТУЭ) [Электронный ресурс] // Информатизация и системы управления в промышленности. 2008. № 4 (20). URL: https://isup.ru/articles/2/544/ (дата обращения: 21.10.2022).

3. Комбинированные системы сбора и передачи технологической и диагностической информации АСУТП электроустановок / А.Н. Васев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2018. Т. 20, № 11-12. С. 16–26.

4. Андреев Е.Б., Куцевич Н.А., Синенко Н.А. SCADA-системы: взгляд изнутри. М.: Изд-во «РТСофт», 2004. 176 с.

5. Аброскин А.С., Гурьянова М.В. SCADA-технология, как часть автоматизированной системы управления техническими процессами // Мировая наука. 2021. № 1 (46). С. 296–299.

6. Феоктистов Д.И., Воркунов О.В. Применение технологии смарт-контрактов блокчейн в области энергетики // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. 2022. № 6. С. 48–50.

УДК 621.3.019.3

ОТКАЗЫ В КОНТАКТНОЙ СЕТИ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

Гарифуллин Рустем Ринатович[1], Павлов Антон Эдуардович[2],
Черепенькин Иван Васильевич[3], Павлов Павел Павлович[4]
[1,2,3,4]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]kgeu-et@yandex.ru, [2]pavlov-1557-104@yandex.ru , iwan.tcherepenkin@yandex.ru[3]
[4]pavlov2510@mail.ru

В статье представлены результаты анализа отказов в контактной сети, составлена классификация причин изнашивания в зависимости от рода износа. Процесс контроля состояния контактной сети городского электрического транспорта (ГЭТ) проводится, как правило, визуальным способом. Для автоматизации данного процесса требуется установить на электроподвижной состав (ЭПС) дополнительные элементы, устройства и системы. Что бы определить состав таких элементов, устройств и систем необходимо провести анализ причин возникновения отказов в контактной сети и условий эксплуатации ЭПС.

Ключевые слова: городской электрический транспорт, электроподвижной состав ГЭТ, арматура, контактная сеть ГЭТ, анкерный участок, контактный провод, износ, контакт.

FAILURES IN THE CONTACT NETWORK OF URBAN ELECTRIC TRANSPORT

Garifullin Rustem Rinatovich[1], Pavlov Anton Eduardovich[2],
Cherepen'kin Ivan Vyacheslavovich[3], Pavlov Pavel Pavlovich[4]
Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]kgeu-et@yandex.ru, [2]pavlov-1557-104@yandex.ru , iwan.tcherepenkin@yandex.ru[3]
[4]pavlov2510@mail.ru

The article presents the results of the analysis of failures in the contact network, a classification of the causes of wear depending on the type of wear is compiled. The process of monitoring the state of the contact network of urban electric transport (GET) is carried out, as a rule, in a visual way. To automate this process, it is required to install additional elements, devices and systems on the electric rolling stock (EPS). In order to determine the composition of such elements, devices and systems, it is necessary to analyze the causes of failures in the contact network and the operating conditions of the EPS.

Keywords: urban electric transport, electric rolling stock of GET, fittings, contact network of GET, anchor section, contact wire, wear, contact.

В настоящее время классифицируют следующие виды отказов (износа) контактных проводов, а именно электрический, механический и тепловой.

Электрический износ контактного провода характеризуется процессами, протекающими в скользящем контакте токосъемника, а также естественным действием тока, протекающего в контактном проводе [1, 5].

Электрический износ контактного провода, возникающий на определенном участке в точке в конкретной момент времени, определяется количеством электрической энергии, которое протекает через участок. Следовательно, можно сделать вывод о том, что при одинаковых условиях эксплуатации ЭПС (скорость движения, маршрут и др.) значение электрического износа во многом зависит от величины тока, который снимается токоприемником. С точки зрения эксплуатационной надежности, вопросы взаимного влияния электрического и механического износа друг на друга, представляют значительный практический интерес [2].

Выражение, по которому можно рассчитать значение удельного износа контактного провода ЭПС, в зависимости от изменения величины тока, которое снимается токоприемником, а также с учетом расстояния от пункта обслуживания, где проводится заправки полоза жировой смазкой представлено следующей формулой:

$$i^a = 455 \cdot 10^{-6} \cdot l + 56 \cdot 10^{-4} \cdot l + 0.142,$$

где i^a – ток снимаемый токоприемником, А; l – расстояние от места замера до пункта обслуживания, где проводится заправки полоза жировой смазкой, км.

В результате анализа исследований, проводимых по данной теме, было установлено, что с увеличением снимаемого тока вследствие усиления электровзрывной эрозии возрастает вероятность возникновения искрения [3, 4].

Следует остановиться на основных видах электрического износа.

1. Электрический износ возникающий на сопряжениях анкерных участков, стрелках, воздушных промежутках. Он возникает в местах, где наблюдается повышенный электроэрозионный износ, который появляется из-за образования электрической дуги из-за замыкания полозом токоприемника секций контактной сети с разными потенциалами.

2. Волнообразный износ происходит на участке, где осуществляется начало движения и остановка подвижного состава, подъемов и спусков. На таких участках происходит интенсивный электрический износ контактного провода с появлением крупных дуговых повреждений.

3. Износ при гололеде, возникающий при осуществлении токосъема через электрическую дугу ввиду образования на контактном проводе корки гололеда определенной толщины, которая появляется из-за изменений условий окружающей среды.

4. Следующий износ зависит от влияния контактного нажатия. Увеличение силы нажатия токоприемника на контактный провод дает возможность уменьшить электрическое сопротивление и соответственно

сократить время разрыва полоза токоприемника от контактного провода, что в свою очередь ведет к уменьшению электрической составляющей износа. Но с другой стороны, увеличение силы нажатия токоприемника на контактный провод приводит к увеличению механической составляющей.

5. Дефект, появляющийся на поверхности контактного провода, может быть вызван электроэрозионным повреждением провода. Это дефект приводит к пластической деформации контактного провода с образованием шейки и в дальнейшем к его обрыву.

Электрический износ оказывает существенное влияние на количество отказов возникающих в контактных проводах ГЭТ и соответственно на надежность функционирования всей системы городского электрического транспорта [6].

Источники

1. Исмоилов И.И., Грачева Е.И. Повышение управляемости энергетическими системами и улучшение качества электроэнергии // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 1 (53). С. 3–12.

2. Отказоустойчивость аппаратуры технических систем / Н.Ж. Закирова [и др.] // Тинчуринские чтения «Энергетика и цифровая трансформация»: сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. Казань, 2021. С. 250–253.

3. Comprehensive Test Procedure for Digital Instruments and Devices of Automated Versatile Systems [Электронный ресурс] / E.M. Khusnutdinova [et al.] // Proc. of the International Scientific-Technical Conference on Innovative Engineering Technologies, Equipment and Materials. 2019. Vol. 915. URL: https://iopscience.iop.org/issue/1757-899X/915/1 (дата обращения: 27.10.2022).

4. Methods of Optimizing the Troubleshooting Parameters of Electric Power Facilities / L.S. Sabitov [et al.] // Proc. of the International Scientific-Technical Conference on Inno-vative Engineering Technologies, Equipment and Materials. 2019. Vol. 915. URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/915/1/012047 (дата обращения: 27.10.2022).

5. Павлов П.П., Идиятуллин Р.Г., Литвиненко Р.С. К вопросу оценки надежности электротранспортной системы города // Бюллетень транспортной информации. 2017. № 5 (263). С. 23–26.

6. Закирова Н.Ж., Павлов П.П. Исследование методов повышения надежности элементов и систем электроподвижного состава в условиях эксплуатации // Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники: матер. III Всерос. науч.-практ. конф. Казань, 2021. С. 183–187.

УДК 621.315.55

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОКОПРОВОДЯЩИХ ШИН С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА COMSOL MULTIPHYSICS

Гервасьева Юлия Романовна[1], Максимов Виктор Владимирович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]yuliya-gervaseva@yandex.ru, [2]viktor.maksimov.1968@mail.ru

В тезисе рассматриваются теоретические вопросы программного комплекса COMSOL Multiphysics при моделировании токопроводящих шин в статическом DC-режиме и в AC-режиме на промышленной частоте. Излагается алгоритм использования программы, позволяющий освоить тонкости работы и получить расчетные данные, необходимые для принятия технических решений.

Ключевые слова: моделирование, шины, интерфейс, частота, режимы.

SIMULATING BUS CONDUCTORS WITH COMSOL MULTIPHYSICS SOFTWARE

Gervasieva Yulia Romanovna[1], Maksimov Viktor Vladimirovich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]yuliya-gervaseva@yandex.ru, [2]viktor.maksimov.1968@mail.ru

The thesis discusses the theoretical issues of the COMSOL Multiphysics software complex when modeling conductive buses in static DC mode and in AC mode at industrial frequency. An algorithm for using the program is presented, which allows you to master the subtleties of work and obtain the calculated data necessary for making technical decisions.

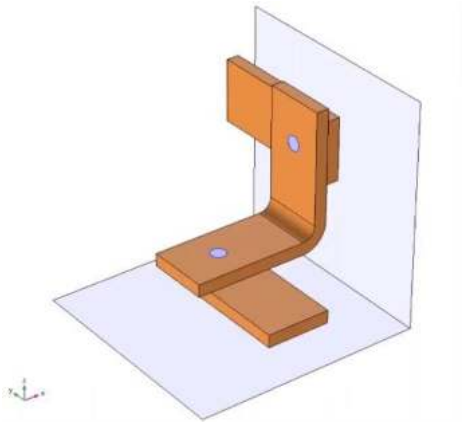
Keywords: modeling, buses, interface, frequency, modes.

COMSOL Multiphysics – это программная среда для моделирования и оптимизации любой физической или физико-химической системы. COMSOL позволяет решать, как прямые задачи, т. е. по заданным входным данным описывать поведение системы или режим работы устройства, так и обратные задачи, т.е. задачи по определению некоторых неизвестных параметров по известным данным, например эмпирические [1].

Шины и токопроводящие системы находят широкое промышленное применение в распределении электроэнергии и других электротехнических установках. Численное моделирование позволяет повысить эффективность разработки таких устройств за счет качественного расчета электрических параметров и характеристик.

1. Токопроводящая шина.

Токопроводящая шина – это две медные пластины, соединенные шиной в форме уголка через титановые болты (см.рисунок). Один конец пластины заземлен, а на второй через терминал подается ток 1 кА, далее посмотрим на систему работы в статике и на промышленной частоте в 50 Гц. Мы предположим, что в процессе работы шина греется при протекании тока, а параллельно производится ее охлаждение в качестве меры которой зададим коэффициент теплоотдачи 50 Вт/(м²·К). В качестве модификации рассмотрим режим x5 по току и x2 по охлаждению [2].



2. Моделирование токопроводящих шин в DC-режиме.

DC-режим, с точки зрения численного моделирования предполагает решение закона сохранения тока в области проводника. В COMSOL Multiphysics для этих целей следует использовать интерфейс группы Electric Currents в связке с исследованием Stationary. Постановка задачи моделирования токопроводящей шины в DC-режиме – зададим электрические граничные условия (заземление, потенциал/терминал), а на выходи получим распределение потенциала, плотности тока и различные сосредоточенные характеристики, в числе которых рассеянная мощность, сопротивление и проводимость [3].

В ходе моделирования получаем результаты токопроводящей шины в DC-режиме:

1) DC: плотность тока и распределения потенциала в шине;

2) DC: удельная мощность потерь и рассеянная интегральная мощность.

3. Моделирование токопроводящих шин в AC-режиме.

При моделировании задач с проводящими элементами, в динамике очень важно учитывать индукционный эффект, поэтому здесь используется интерфейс Magnetic Fields и исследование Frequency Domain. В расчет нужно включить не только саму шину, но и окружающее пространство для корректного моделирования полей и краевых эффектов.

Для удобства используют условие Coil, предназначенное для эффективного моделирования проводников с током. На выходе получим распределение магнитной индукции, плотности тока, а также рассеянной мощности, характеристики сопротивления и индуктивности [4].

Coil позволяет упростить задачу как с расчетной, так и с интерфейсной точки зрения. Фактически она устраняет необходимость явного расчета электрической части задачи. Так же возможно задавать в единый Coil домены с разными материалами с постоянными свойствами [3].

В ходе моделирования получаем результаты токопроводящей шины в АС-режиме:

1) АС: распределение магнитной индукции и плотности тока в шине;

2) АС: удельная мощность потерь и рассеянная интегральная мощность [5].

Источники

1. Красников Г.Е., Нагорнов О.В., Старостин Н.В. Моделирование физических процессов с использованием пакета Comsol Multiphysics: учеб. пособие. М.: НИЯУ «МИФИ», 2012. 184 с.

2. Сальников В.Б., Беляков В.А. Расчеты с использованием программного комплекса COMSOL Multiphysics: методические указания к курсовому и дипломному проектированию. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. 48 с.

3. Pryor, Roger W. Multiphysics Modeling: Using COMSOL 5 and MATLAB. 2nd ed. Mercury Learning & Information, LLC, 2015. 594 p.

4. Компьютерное моделирование процессов переноса и деформаций в сплошных средах: учеб. пособие / В.Е. Анкудинов [и др.]. Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2014. 108 с.

5. Курушин А.А. Решение мультифизических СВЧ задач с помощью САПР COMSOL. М.: One-Book, 2016. 376 с.

6. Моделирование процессов высокочастотной сушки деревянных опор в вакуумной камере / Д.А. Коренков [и др.] // Устойчивая энергетика и энергомашиностроение – 2021: матер. Междунар. конф. Казань, 2021. С. 740–753.

УДК 608.2

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВЫ И ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОМЫШЛЕННОСТЕЙ

Зиятдинов Азат Альбертович[1], Захарова Евгения Викторовна[2],
Сафаров Ильдар Мирсаяфович[3], Сафин Марат Абдулбариевич[4]
[1,2,3,4]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]ooomynikos@gmail.com, [2]Evgzakharova45@yandex.ru, [3]ildarsafarov@mail.ru

В данной статье рассказывается о нефтеперерабатывающей промышленности России. А так же приводятся примеры перспектив использования российского оборудования в сфере нефтепереработки. Указаны причины перехода российских нефтеперерабатывающих компаний к использованию не своего оборудования и технологий, а также возможные пути импортозамещения.

Ключевые слова: Нефтеперерабатывающая промышленность, российский рынок, импортозамещение, оборудование, разработка.

ANALYSIS OF THE PROSPECTS AND POSSIBILITIES OF IMPORT SUBSTITUTION AT THE FACILITIES OF THE OIL REFINING INDUSTRY

Ziyatdinov Azat Albertovich[1], Zakharova Evgeniia Viktorovna[2],
Safarov Ildar Mirsayafovich[3], Safin Marat Abdulbarievich[4]
[1,2,3,4]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]ooomynikos@gmail.com, [2]Evgzakharova45@yandex.ru, [3]ildarsafarov@mail.ru

This article describes the oil refining industry in Russia. Examples of the prospects of using Russian equipment in the field of oil refining are also given. The reasons for the transition of Russian oil refining companies to the use of non-domestic equipment and technologies, as well as possible ways of import substitution are indicated.

Keywords: Oil refining industry, Russian market, import substitution, equipment, development.

Нефтедобывающая промышленность одно из главных направлений развития российской нефтяной, а так же энергетической промышленности. Перспективы использования технологий российского рынка и производства в данной сфере всегда было актуальным вопросом.

В условиях нынешней экономической ситуации на рынке обострилась проблема зависимости отрасли от импортного оборудования. По данным Минпромторга, к 2015 г. нефтегазовая отрасль зависила

от иностранных технологий и оборудования на 60 %. Министерство энергетики РФ многократно подчеркивало важность инвестиций в научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (далее НИОКР) и инжиниринг. Следствием стало следующее, отсутствие специализированного отечественного программного обеспечения, насосно-компрессорного оборудования и турбин несло с собой существенные риски для нефтегазосервисных компаний и их заказчиков в лице крупных вертикально-интегрированных нефтяные компании (далее ВИНК). Так же это стало последствием в области технологий гидравлического разрыва пласта (далее ГРП) и оборудования для закачивания скважин, чья доля импортных поставок находилась в пределах 92–95 % и 95 % соответственно.

Основной задачей мероприятий по импортозамещению, выделили сокращение закупок импортного оборудования для нефтегазовой отрасли с 60 до 43 % к 2020 г. Необходимо упомянуть, что уже в 2014–2018 гг. в сфере нефтегазового машиностроения было реализовано множество проектов по импортозамещению.

Проведённый анализ показал, что реализация программ импортозамещения в нефтегазовом машиностроении позволила уже к концу 2016 г. сократить зависимость от иностранных технологий в нефтегазовой отрасли с 60 до 52 %. Оживилось производство ведущих компаний нефтегазового машиностроения, улучшились финансовые результаты их деятельности.

Современное нефтегазовое дело невозможно без использования сложного технологического оборудования. Одна из ключевых целей стратегии «Роснефть-2022» – импортозамещение технологий по всем направлениям бизнеса. Так, в настоящее время практически 90 % всего закупаемого компанией ооборудования – российского производства.

Более того, правительство в будущем видит в новых разработках высокий экспортный потенциал. Уже сейчас доля не сырьевого экспорта России составляет более 33 %, причем на машиностроение приходится большая часть. В целом на данный момент Минпромторг России поддерживает экспортный потенциал предприятий в рамках нацпроекта «Международная кооперация и экспорт» с общим объемом поддержки на ближайшую шестилетку около 1 трлн руб. Предполагается, что в период 2019–2024 гг. год будет экспортировано отечественного нефтегазового оборудования на 250 млрд руб.

На дальнейшее снижение показателя нацелены «Доктрина энергетической безопасности» и Энергетическая стратегия РФ до 2035 г.

По оценкам экспертов до 2022 г. доля иностранных компаний составляла 10–15 % в низкотехнологичных сегментах нефтедобычи и до 80 % – в высокотехнологичных (интеллектуальные системы закачивания скважин, системы для роторного управляемого бурения и т. д.).

ВИНК завершат работу по оценке потенциала импортозамещения до конца 2022 г. и в 2023–2025 гг. этот потенциал будет реализован.

Производители отечественного оборудования успешно внедряют проекты по разработке и использованию российских роторно-управляемых систем оборудования для ГРП, морского геологоразведочного оборудования, оборудования подводного добычного комплекса, катализаторов и технологического оборудования для нефтепереработки, оборудования для сжиженного природного газа и т. д. По данным Vygon Consulting, в 2018 г. в этих направлениях доля импорта составляла от 65 до 95 %, в 2024 г. она должна снизиться до 10–50 %.

Источники

1. Импортозамещение в нефтегазовой промышленности // Нефтегаз. 2020. № 14 (21). 24 с.

2. Жакевич А.Г. Импортозамещение: проблемы и перспективы // Вестник МИЭП. 2015. № 1 (18). С. 36–39.

3. Кадышева О.В. От сырьевой ориентации российской экономики к ориентации технологической: фактор нефтесервиса [Электронный ресурс]. URL: http://conference.osu.ru/assets/files/conf_info/conf5/30.pdf (дата обращения: 10.01.2019).

4. Каткова Е. Как нефтегазовая отрасль переходит на отечественные технологии [Электронный ресурс]. URL: https://www.vedomosti.ru/partner/articles/2022/04/29/920343-neftegazovaya-otrasl (дата обращения: 29.04.2022).

5. Разманова С.В., Андрухова О.В. От импортозамещения в нефтегазовом машиностроении к локализации технологий в нефтесервисе // Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. 2019. № 2. С. 124–134.

УДК 621-311.163

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ НА ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ПО ПАРАМЕТРАМ АВАРИЙНОГО РЕЖИМА

Иванов Роман Геннадьевич
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
ivanov_rg@bk.ru

В статье рассмотрен один из методов определения места повреждения (ОМП) воздушных линий электропередач – по параметрам аварийного режима, приведены преимущества и сравнение данного метода.

Ключевые слова: определение места повреждений; параметры аварийного режима; наведенное напряжение.

DETERMINATION OF THE LOCATION OF DAMAGE ON POWER TRANSMISSION LINES ACCORDING TO THE PARAMETERS OF THE EMERGENCY MODE

Ivanov Roman Gennadievich
Kazan State Power Engineering University, Kazan
Kazan, ivanov_rg@bk.ru

The article discusses one of the methods for determining the location of damage (WMD) of overhead power lines – according to the parameters of the emergency mode, the advantages and comparison of this method are given.

Keywords: determination of the damage location; emergency mode parameters; induced voltage.

В современных условиях для определения места повреждений (ОМП) на ЛЭП широко применяются методы ОМП, которые можно разделить на две большие группы – дистанционные и топографические.

Дистанционные методы ОМП заключаются в измерении расстояния до места повреждения от конца или концов линии, а топографические методы – в определении места повреждения на трассе ЛЭП, т. е. топографической точки расположения места повреждения.

Широкое распространение получил метод ОМП по параметрам аварийного режима (ПАР), который относится к дистанционным методам ОМП. Он основан на измерении составляющих или комбинаций напряжений и токов в аварийном режиме. В зависимости от месторасположения устройств измерения токов и напряжений эти методы делятся на односторонние и двусторонние.

Односторонние обеспечивают фиксацию сопротивления участка ВЛ, пропорционального расстоянию до места КЗ, токов, напряжений и других параметров на одном конце линии. Преимущества методов заключаются в том, что расстояние определяется прибором, установленным на одном из концов ВЛ. Исключается необходимость расчётов для определения МП. Недостаток метода – методическая погрешность из-за принятых допущений.

Односторонние методы ОМП по способу использования параметров электрических величин подразделяются на методы:

– метод, основанный на перетоках мощности. Метод основан на использовании соотношений между перетоками мощностей различных последовательностей в месте аварии при рассмотрении переходного сопротивления в качестве элемента сети;

– методы, использующие действующие (интегральные) ПАР, в которых производятся операции над действующими значениями ПАР, которые получаются путем интегрирования параметров мгновенных значений аварийного режима;

– методы, использующие мгновенные значения ПАР, в которых производятся операции над мгновенными значениями ПАР.

Двусторонние обеспечивает фиксацию токов, напряжений и других параметров по обоим концам линии с последующим расчётом расстояния до места повреждения по аналитической формуле, составленной на основе уравнений теории цепей с сосредоточенными параметрами. Другими словами, необходима установка фиксирующих приборов (ФП) с двух концов поврежденной линии; использование средств или методов синхронизации; наличие каналов связи. Двусторонние методы являются наиболее точными, обладают наглядностью при простой конфигурации ЛЭП, универсальностью используемых схем замещения ЭС, независимостью результатов от переходного сопротивления и токов нагрузочного режима.

Для реализации методов ОМП по ПАР могут быть использованы различные ФП (ФИП, ЛИФП-А, ЛИФП-Б, ФПТ, ФПН), микропроцессорные фиксирующие индикаторы (МФИ) (ФПМ-01, МФИ-1, МИР-1, ИМФ-3С, ИМФ-3Р, МИР-3, МИР-Р, Сириус-2-ОМП, ТОР-ЛОК, Бреслер 0107.090), цифровые регистраторы аварийных процессов (ЦРАП) (Парма РП 4.11, ЛВС «Черный ящик», УЗА-10Р, КРАС, РЕКОН-07БС, РЕГИНА).

Источники

1. Аржанников Е.А., Чухин А.М. Методы и приборы определения места короткого замыкания на линиях: учеб. пособие. Иваново: Ивановский государственный энергетический университет Иваново, 1998. 74 с.

2. Машенков В.М. Особенности определения места повреждения на ВЛ напряжением 110–750 кВ [Электронный ресурс]: уч. пособие. СПб., 2005. URL: http://www.cpk-energo.ru/metod/Mashenkov.pdf (дата обращения: 21.10.2022).

3. Автоматизированные методы и средства определения мест повреждения линий электропередачи: уч. пособие / О.Г. Гриб [и др.]; под общ. ред. О.Г. Гриба. Харьков: ХГАГХ, 2003. 146 с.

4. Аржанников Е.А., Лукоянов В.Ю., Мисриханов М.Ш. Определение места короткого замыкания на высоковольтных линиях электропередачи / под ред. В.А. Шуина. М.:Энергоатомиздат, 2003. 272 с.

УДК 621.315

ДИАГНОСТИКА ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА

Иксанова Эльвира Радиковна[1], Валиуллина Дилия Мансуровна[2],
Козлов Владимир Константинович[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]elviraiksanova@list.ru, [2]valiullinadiliya@mail.ru, [3]vk_kozlov@bk.ru

Силовой трансформатор является в энергосистеме одним из важнейших элементов, определяющих надежность энергоснабжения. Старение трансформаторного масла приводит к росту кислотного числа и диэлектрических потерь, к изменению цвета масла и, как следствие, к ухудшению надежности всей изоляционной системы маслонаполненного оборудования. В данном тезисе представлены результаты исследования трансформаторных масел, определены их координаты цветности, установлена их связь с тангенсом угла диэлектрических потерь.

Ключевые слова: трансформаторное масло, потери, тангенс угла диэлектрических потерь, корреляция, координаты цветности.

DIAGNOSTICS OF TRANSFORMER OIL

Iksanova Elvira Radikovna[1], Valiullina Diliya Mansurovna[2],
Kozlov Vladimir Konstantinovich[3]
[1,2,3]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]elviraiksanova@list.ru, [2]valiullinadiliya@mail.ru, [3]vk_kozlov@bk.ru

The power transformer is one of the most important elements in the power system that determines the reliability of power supply. The aging of transformer oil leads to an increase in acid number and dielectric losses, to a change in the color of the oil and, as a result, to a decrease in the reliability of the entire insulation system of oil-filled equipment. The paper presents the results of a study of transformer oils, their color coordinates are determined, their relationship with the dielectric loss tangent is established.

Keywords: transformer oil, losses, the tangent of the dielectric loss angle, correlation, chromaticity coordinates.

Маслонаполненные силовые трансформаторы представляют собой значительный актив для любого владельца, и последствия неожиданного сбоя или простоя в работе могут иметь огромные последствия. Это устройства, от которых в основном зависит экономичная подача электроэнергии [1]. Окончание срока службы трансформатора обычно определяется как потеря механической прочности твердой изоляции в обмотках.

С достижениями в методах тестирования системы изоляции, становится возможным продлить срок службы некоторых блоков путем непрерывного мониторинга в режиме реального времени [2, 3].

В результате эксплуатации трансформаторные масла подвергаются «старению», которое выражается в изменении их химических и физических свойств. Деградация трансформаторного масла в процессе эксплуатации происходит в трех направлениях: окисление масла, увеличение концентрации ароматических соединений, образование коллоидных частиц, и, как следствие, увеличение тангенса диэлектрических потерь и кислотного числа.

Тангенс угла диэлектрических потерь tgδ является показателем качества масла, который чувствителен к наличию в масле различных примесей. С ростом температуры диэлектрика в нем возрастает количество свободных зарядов, поэтому его проводимость увеличивается [4, 5].

Для определения корреляции *R* между координатой цветности масла и тангенсом угла диэлектрических потерь было проведено исследование 20 образцов трансформаторных масел с различным тангенсом угла диэлектрических потерь. Корреляционная зависимость между координатами цветности и тангенсом угла диэлектрических потерь наиболее точно описывается координатой *x*, которая соответствует красному цвету (рис. 1 и 2).

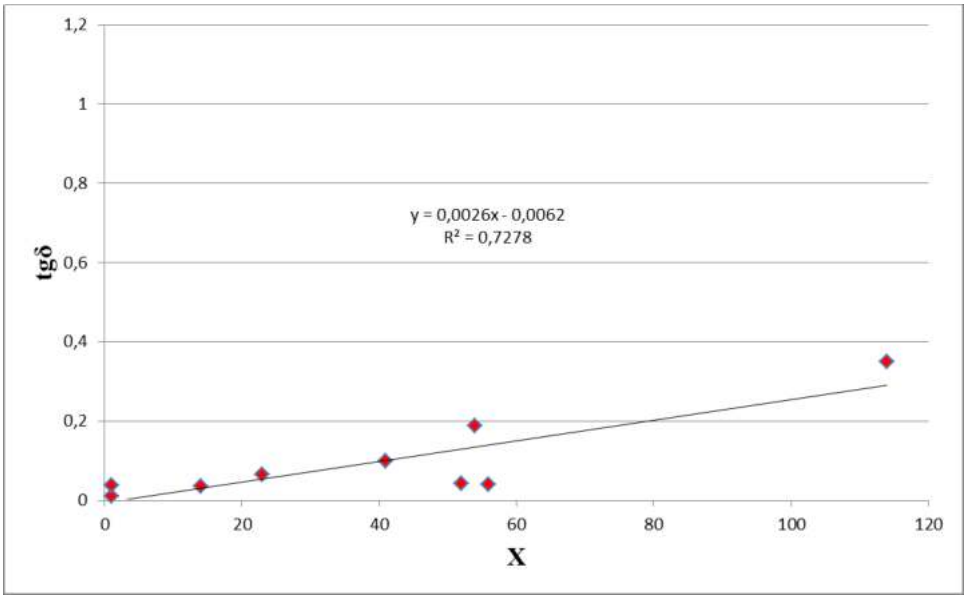


Рис. 1. Корреляционная зависимость тангенса угла диэлектрических потерь от координаты цветности при пропускании белого цвета для марки масла ГК (*R* = 0,8531)

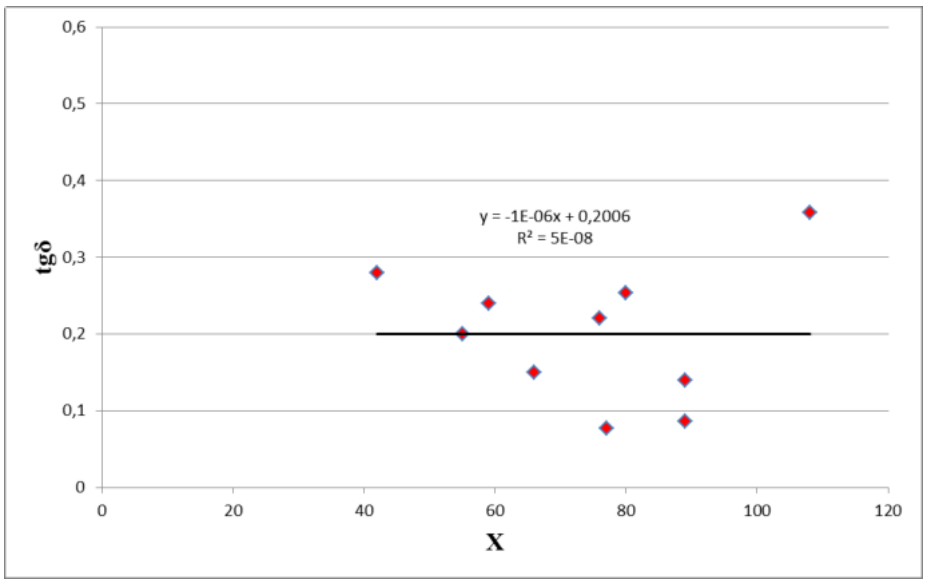


Рис. 2. Корреляционная зависимость тангенса угла диэлектрических потерь от координаты цветности при пропускании белого цвета для разных марок масел (R = 0,0023)

Обнаружено, что наибольшая корреляционная зависимость получается при одной марке масла. Если же рассмотрим все 20 образцов масел, то заметим, что корреляция уменьшается, следовательно, необходимо строить данную зависимость для одной марки масел.

Источники

1. Sparling B. Transformer monitoring and diagnostics // IEEE Power Engineering Society. 1999. Vol. 2. Pp. 978–980.

2. Валиуллина Д.М., Ильясова Ю.К., Козлов В.К. Качественные методы спектрального анализа в диагностике трансформаторных масел // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2019. Т. 21, № 1-2. С. 87–92.

3. Липштейн Р.А., Шахнович М.И., Трансформаторное масло. М.: Энергоатомиздат, 1983. 296 с.

4. Валиуллина Д.М., Ильясова Ю.К., Козлов В.К. Определение характеристик трансформаторного масла спектральным методом // Вестник КГЭУ. 2021. Т. 13, № 1 (49). С. 66–74.

5. Karthik R., Sree Renga Raja T. Investigations of transformer oil characteristics // IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering. 2012. Vol. 7, Iss. 4. Pp. 369–374.

УДК 621.31

СИММЕТРИРОВАНИЕ ФАЗНЫХ ТОКОВ И НАПРЯЖЕНИЙ В СЕТЯХ 0,4 КВ

Маклецов Александр Михайлович[1], Казка Максим Владимирович[2],
Лыу Куок Кыонг[3]
[1,2,3] ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[3]Образовательный технологический университет Нам Динь, Вьетнам
[1]mac.am@mail.ru, [2]nesnakomec97@mail.ru, [3]lqcuong.nute@gmail.com

В статье рассмотрена проблема симметрирования нагрузки сети 0,4 кВ. Предложен вариант симметрирования с использованием симметрирующих трансформаторов.

Ключевые слова: Несимметрия, симметрирующий трансформатор, сомосимметрирование, фазные токи, фазные напряжения, ток нулевого провода.

SYMMETRIZATION OF PHASE CURRENTS AND VOLTAGES IN 0.4 KV NETWORKS

Makletsov Aleksandr Mikhaylovich[1], Kazka Maksim Vladimirovich[2],
Lyu Kuok Kyon[3]
[1,2,3]Kazan State Power University, Kazan
[3]Nam Dinh University of Technology Education, Vietnam

The paper deals with the problem of 0,4 kV network load balancing. A variant of symmetrization with the use of symmetric transformers is proposed.

Keywords: unbalance, symmetrical transformer, co-symmetry, phase currents, phase voltages, neutral conductor current.

Электрические сети напряжением 0,4 кВ характеризуются значительным количеством однофазных нагрузок, которые определяют несимметрию фазных токов. При этом коэффициенты несимметрии токов по обратной и нулевой последовательности достигают величины 30 % [1]. На рис. 1 представлены результаты измерения фазных токов и тока нулевого провода в начале ЛЭП 0,4 кВ. Несимметрия нагрузок вызывает дополнительные потери электроэнергии в электрической сети, ухудшает показатели качества электроэнергии.

Рис. 1. Токи фаз ЛЭП 0,4 кВ ТП-404 Казанских электрических сетей

В настоящее время для снижения потерь электроэнергии из-за несимметрии фазных нагрузок и обеспечения ее качества в электросетевых предприятиях применяется «ручное» переключение нагрузок с одних фаз на другие [2]. Однако данное симметрирование кардинально не решает проблемы из-за изменения несимметрии во времени и ступенчатого изменения нагрузок фаз при симметрировании. Также известные контактные переключающие устройства [3] и трансформаторы типа ТМГсу [4], решает проблему лишь частично.

Поэтому актуальным оказывается вопрос автоматического самосимметрирования сетей 0,4 кВ с помощью трансформаторного оборудования [5–7]. Из указанного оборудования только трансформаторы BLOCK 3UI [5] являются наиболее эффективными.

На рис. 2 приведена предлагаемая схема симметрирования однофазных нагрузок, распределенных вдоль ЛЭП 0,4 кВ с помощью симметрирующих трансформаторов BLOCK 3UI.

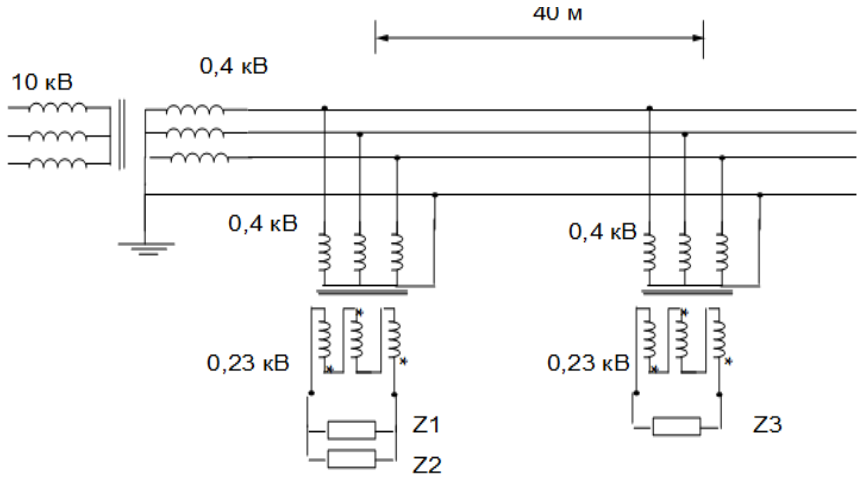


Рис. 2. Схема самосимметрирования сети 0, 4 кВ

Проведенные расчеты показывают, что при величине тока в нулевом проводе до 0,25 фазного тока при длине ЛЭП 0,4 кВ 600 м. использование схемы симметрирования обеспечивает до 2 % снижения потерь электроэнергии в ЛЭП и питающем трансформаторе.

Источники

1. Дед А.В. К проблеме современного состояния уровней показателей несимметрии напряжений и токов в сетях 0,4 кВ // Омский научный вестник. 2014. Т. 20, № 2. С. 63–65.

2. Разработка алгоритма симметрирования нагрузок в сетях 0,4 кВ при распределенной нагрузке вдоль линии / Лыу Куок Кыонг [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 2. С. 86–97.

3. Орлов А.И., Волков С.В., Савельев А.А. Анализ влияния устройства выравнивания нагрузки на показатели несимметрии электрической сети // Вестник Чувашского университета. 2016. № 3. С. 100–107.

4. Симметрирующее устройство для трансформаторов. Средство стабилизации напряжения и снижения потерь в сетях 0,4 кВ / А. Сердешнев // Новости электротехники. 2005. № 31. С. 69–71.

5. Трансформаторы 3UI/BLOCK [Электронный ресурс]. URL: https://www.mege.ru/upload/BLOCK/docs/%D0203UI.pdf (дата обращения 3.11.2022).

6. Трансформатор ТСТ2Р с гальванической развязкой [Электронный ресурс]. URL: https://et-spb.ru/product/transformator-s-galvanicheskoj-razvjazkoj-tst2r/ (дата обращения: 03.03.2022).

7. Симметрирующее устройство PB50A-3P-200STD [Электронный ресурс]. URL: https://www.ensto.com/ru (дата обращения: 03.11.2022).

УДК 608.2

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОПУСКНЫМИ ПУНКТАМИ

Каримов Ренат Ильнарович[1], Козлов Александр Вадимович[2],
Сафаров Ильдар Мирсаяфович[3], Сафин Марат Абдулбариевич[4]
[1,2,3,4]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]renat_1.12@mail.ru,[2] sanek.kozlov.1421@mail.ru, [3]ildarsafarov@mail.ru

В статье описаны автоматизированные системы контроля и управления на пропускных пунктах (СКУД). Достоинства и недостатки этих систем. Предложены возможные варианты в перспективе.

Ключевые слова: СКУД, идентификатор, заграждающее устройство, система, считыватель, контроллер.

THE PROSPECT OF THE DEVELOPMENT OF AUTOMATED CONTROL AND CONTROL SYSTEMS OF CHECKPOINTS

Karimov Renat Ilnarovich[1], Kozlov Alexander Vadimovich[2],
Safarov Ildar Mirsayafovich[3], Safin Marat Abdulbarievich[4]
[1,2,3,4]Kazan State Power University, Kazan
[1]renat_1.12@mail.ru, [2] sanek.kozlov.1421@mail.ru, [3]ildarsafarov@mail.ru

The article describes automated control and management systems at checkpoints (SCMA). Advantages and disadvantages of these systems. Possible options are proposed in the future.

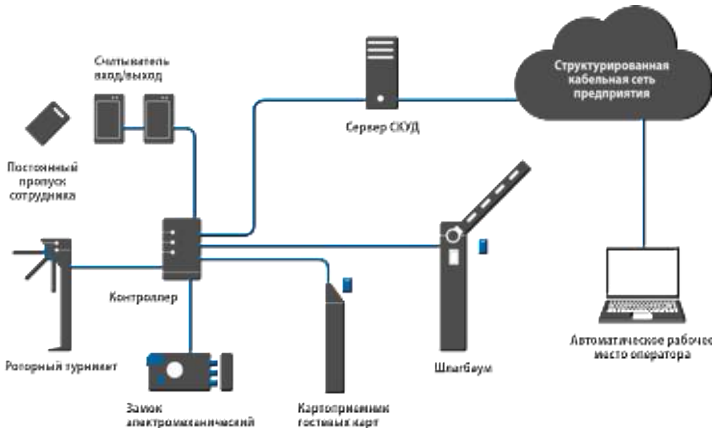
Keywords: SCMA, identifier, blocking device, system, reader, controller.

Система контроля и управления доступом (СКУД) – это электронная и автоматизированная система, с помощью которой контролируется доступ на определенный объект. Благодаря **СКУД** обеспечивается безопасность сотрудников, контролируется соблюдение правил внутреннего распорядка на производстве, учитывается распределение рабочего времени. В наши дни такие системы расположены практически во всех пропускных пунктах различных производственных объектов, учебных заведений и т. д. [1]

В любой системе такого рода есть 4 основных компонента: контроллер («мозг» всей системы, где хранятся данные о персонале, посетителях, клиентах и правах доступа каждого из них); идентификаторы (ключ с индивидуальным кодом, представляющийся в виде карты, брелка, отпечатка пальца и т.п.); заграждающее устройство (замки, турникеты, ворота); считыватели, которые находятся прямо на точках доступа.

Принцип работы СКУД: считывателю поступает сигнал, в виде универсального кода идентификатора субъекта. Затем он отправляет этот код в контроллер, который сопоставляет базу данных с данными идентификатора. В случае совпадения, контроллер даёт команду заграждающему устройству на предоставление доступа субъекту [2].

Такие автоматизированные системы бывают простейшими, где один считыватель, одно заграждающее устройство и самый обычный контроллер. Но также бывает, что эта система, словно целая «паутина». Пример из нескольких заграждающих устройств и считывателей на рисунке ниже.



Существуют различные преимущества и недостатки **СКУД** на пропускных пунктах. К преимуществам можно отнести повышение качества охранного и учетного спектра; большая экономия средств в долгосрочной перспективе; круглосуточное функционирование; отсутствует человеческий фактор. К недостаткам можно отнести большие затраты в краткосрочной перспективе, круглосуточное потребление питания и отключение всей системы при его отсутствии [3].

На сегодняшний день на пропускных пунктах еще мало где, но начинает появляться биометрия лица, использование радужки или сетчатки глаз в качестве идентификатора. Больше используются отпечатки пальцев. Но все же, до сих пор преобладает контактный способ, а именно карты [4]. В перспективе же нужно полностью избавиться от контактного способа СКУД. Также нужно заменить все турникеты и подобные заграждающие устройства на более надежные, такие как раздвижные двери и ворота, через которые никак не перебраться, что увеличит безопасность в разы. В добавление выше сказанному, это безопаснее не только в плане несанкционированного прохода, но и в эпидемиологическом плане, а в наши дни это тоже не мало важно. Тем более именно раздвижные заграждающие установки, удобнее обычных в плане мобильности, когда

не приходится тратить время на самостоятельное открытие, особенно в случаях полной занятости рук. Еще, зачастую, где турникеты, там и персонал, контролирующий проход. В случае с раздвижными дверями они не потребуются, что сэкономит средства [5].

В идеале должны быть считыватели биометрии лица новейшего поколения совместно со считывателем радужки глаз. Этот гибридный считыватель должен работать на расстоянии около двух метров. Самое оптимальное, чтобы заграждающее устройство не открывалось намного раньше, но и человеку не приходилось бы останавливаться перед ним. Именно такие считыватели должны быть везде на пропускных пунктах. В этом случае пропадёт огромное количество пластиков карт, которые несут огромный вред природе при разложении [6].

Подытожив, если оставить из всех заграждающих устройств только раздвижные и ставить везде совместные считыватели биометрии лица и радужки глаз, то жизнь для всех изменится. На сегодняшний день это или невозможно, или обойдется очень неэкономично. Но, рассматривая в перспективе, когда все эти возможности станут более доступными для всех, это будет намного удобнее, безопаснее и немного экологичнее.

Источники

1. Ворона В.А., Тихонов В.А. Системы контроля и управления доступом. М.: Горячая линия – Телеком, 2010. 274 с.
2. Иванов П.Д., Суверина И. Д. Анализ состояния и перспективы развития систем контроля и управления доступом в России // Инженерный журнал: наука и инновации. 2014. № 10 (34). С. 1–5.
3. Решение проблемы смены систем контроля и управления доступом путем создания универсального устройства / В.А. Чеверев [и др.] // Ученые записки УлГУ. Серия: Математика и информационные технологии. 2021. № 1. С. 129–136.
4. Сагидова М. Л. Современные системы контроля и управления доступом // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2022. № 9-1. С. 64–68.
5. Голубкин Н.Д. Тенденции развития систем контроля и управления доступом в помещение // Вестник магистратуры. 2021. № 4-3 (115). С. 17–19.
6. Зудинов А.С. Внедрение биометрии в системы контроля доступа на объектах критической информационной инфраструктуры // StudNet. 2021. Т. 4, № 5. С. 2–3.

УДК 608.2

СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА В ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Козлов Александр Вадимович[1], Каримов Ренат Ильнарович[2],
Сафаров Ильдар Мирсаяфович[3], Сафин Марат Абдулбариевич[4]
[1,2,3,4]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]sanek.kozlov.1421@mail.ru, [2]renat_1.12@mail.ru, [3]ildarsafarov@mail.ru

В статье осуществляется обзор на всевозможные очистные сооружения в промышленных помещениях, перечисляются преимущества и недостатки этих систем.

Ключевые слова: методы очистки, сухой метод, мокрый метод, воздух, очистка, оборудование, воздухоочистка.

AUTOMATION SYSTEM FOR AIR PURIFICATION IN INDUSTRIAL PREMISES

Kozlov Alexander Vadimovich[1], Karimov Renat Ilnarovich[2],
Safarov Ildar Mirsayafovich[3], Safin Marat Abdulbarievich[4]
[1,2,3,4]Kazan State Power University, Kazan
[1]sanek.kozlov.1421@mail.ru, [2]renat_1.12@mail.ru, [3]ildarsafarov@mail.ru

The article provides an overview of all kinds of treatment facilities in industrial premises, lists the advantages and disadvantages, and discusses the prospects for development in this area.

Keywords: cleaning methods, dry method, wet method, air, cleaning, equipment, air cleaning.

Промышленная очистка воздуха востребована многими компаниями, производящими большое количество вредных выбросов, которые негативно влияют на окружающую среду и здоровье человека.

Методы очистки воздуха можно разделить на сухие и мокрые.

Типы сухого метода включают:

– гравитационное осаждение;

– инерционное пылеулавливание;

– центробежное пылеулавливание;

– фильтрация.

Гравитационное осаждение – под действием силы тяжести происходит осаждение взвешенных частиц без изменения направления воздушного потока. Этот метод чаще всего используется для первичной, грубой очистки.

При инерционной очистке воздуха взвешенные частицы стремятся сохранить свое первоначальное направление движения при изменении направления основного потока газа. Кроме того, этот метод подходит только для грубой очистки.

Центробежная газоочистка – это метод, использующий центробежную силу, создаваемую вращением очищаемого воздушного потока в очистительной установке или вращением частей самой установки. Типичным устройством центробежной газоочистки является циклон.

В системе фильтрации для очистки газа используются различные фильтрующие материалы. Наиболее распространенными устройствами являются рукавные и картриджные фильтры. Эти фильтры могут справиться практически с любым объемом пыли.

Преимущества:

– простая конструкция оборудования;

– отсутствие изменений в составе и свойствах пыли;

– отсутствие шлама. Нет необходимости в строительстве шламового хозяйства.

Недостатки:

– большой размер оборудования;

– износ оборудования.

Типы мокрого метода.

Мокрый метод очистки использует взаимодействие газа и воды или специальной жидкости. Грязный газ всасывается через канал в корпусе. Затем под действием аэродинамических сил он закручивается. Вода подается из насосной станции и проходит через каналы и форсунки, смачивая газ. Частицы воды захватывают пыль и падают вниз. Загрязненная вода сбрасывается в резервуар-отстойник или проходит через систему очистки.

Типичным устройством мокрой очистки является скруббер.

Существует несколько типов скрубберов: включая полые скрубберы, форсуночные скрубберы, тарельчатые барботажные скрубберные установки, насадочные скрубберы, скруббер Вентури.

Преимущества и недостатки мокрой очистки: в целом, мокрые пылеуловители относительно дешёвые, и высокоэффективны по сравнению с системами сухой очистки.

Преимущества:

– относительно низкие производственные затраты;

– высокая эффективность. Степень очистки до 99,9 %;

– возможность использования даже при высоких температурах и влажности воздуха, при опасности взрыва очищаемого газа;

– сочетание нескольких процессов – улавливание пыли, абсорбция, охлаждение газа (контактный теплообмен).

Недостатки:

– стоимость очистки выше из-за необходимости создания шламового хозяйства;

– для газов, содержащих агрессивные частицы, установки должны быть изготовлены из коррозионностойких материалов.

Источники

1. Справочник по пыле- и золоулавливанию / М.И. Биргер [и др.]. М.: «Энерго-атомиздат», 1983. С. 56–65.

2. Каменев П.Н., Тертичник Е.И. Вентиляция. Пылеуловители для очистки вентиляционных выбросов // Вентиляция: уч. пособие. 2-е изд., испр. и доп. М.: Изд-во АСВ, 2011. 632 с.

3. Посохин В.Н., Сафиуллин Р.Г., Бройда В.А. Организация воздухообмена в помещениях // Вентиляция: уч. издание / под общ. ред. проф. В.Н. Посохина. М.: Издательство АСВ, 2020. 624 с.

УДК 621.315.615.2

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ, МОНИТОРИНГА, АНАЛИЗА И ИДЕНТИФИКАЦИИ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ МАСЕЛ

Латыпов Данис Эрикович[1], Валиуллина Дилия Мансуровна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
sweetmeattea@gmail.com

В данной работе, основанной на анализе отечественных источников литературы, предпринимается попытка рассмотрения традиционных и современных способов их диагностики, мониторинга, анализа и идентификации.

Ключевые слова: энергетика, электрооборудование, трансформатор, трансформаторное масло, методы диагностики.

METHODS FOR DIAGNOSTICS, MONITORING, ANALYSIS AND IDENTIFICATION OF TRANSFORMER OILS

Latypov Danis Erikovich[1], Valiullina Dilia Mansurovna[2]
[1,2]Kazan State Power University, Kazan
sweetmeattea@gmail.com

In this work, based on the analysis of domestic literature sources, an attempt is made to consider traditional and modern methods of their diagnosis, monitoring, analysis and identification.

Keywords: energy, electrical equipment, transformer, transformer oil, diagnostic methods.

Основным назначением трансформаторного масла (ТМ) в энергетике является реализация охлаждения, гашения дуги и электрической изоляции. [1]. С течением времени при использовании ТМ в условиях высоких температур их нагрева наблюдаются процессы органического разложения нефтепродукта [2].

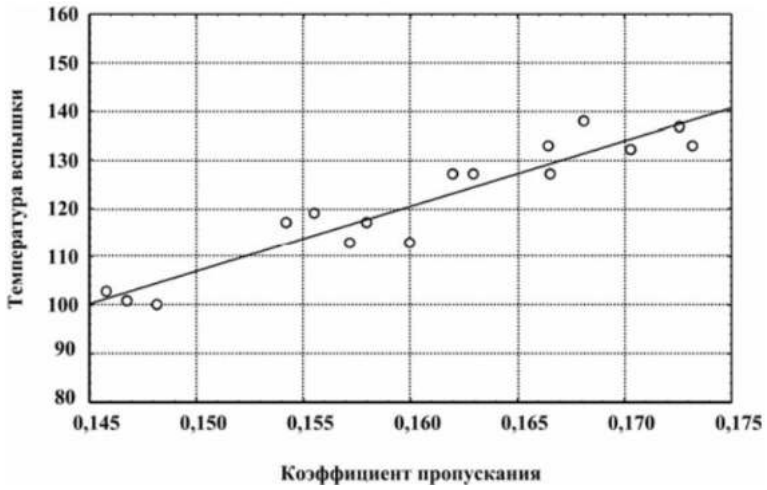
Актуальность работы состоит в рассмотрении способов определения марок ТМ. Лабораторные условия часто бывают нерентабельными, поэтому, одним из вариантов получения более точных характеристик ТМ является спектральный метод диагностики состояния ТМ.

В исследованиях отбирают различные образцы ТМ марок типа ГК и ТКп, у которых определены параметры $U_{пр}$, tgδ и интенсивность люминесценции (см. таблицу).

Результативные значения параметров ТМ

Номер образца	Марка масла	Uпр, кВ	tgδ, при 90 °С	Интенсивность люминесценции
1	ГК (0К)	40,4	0,27	0,221
2	ГК (3К)	44	0,15	0,172
3	ГК (7К)	37,2	0,12	0,183
4	ГК (7БК)	43,5	0,08	0,203
5	ГК (12Б)	37,1	0,17	0,104
6	ТКп (0К)	28,4	0,33	0,141
7	ТКп (9БК)	31,6	0,47	0,05
8	ТКп (28К)	32	0,3	0,05

В спектре пропускания образцов ТМ выявлена зависимость (см. рисунок) между параметрами ввиду улетучивания из ТМ легких фракций под воздействием электромагнитной напряженности и температуры [3].



Результаты исследования для области 414 нм

Возможность внедрения спектрального метода базируется на изменениях молекул ТМ. Метод визуального определения заключается в анализе рассеянного и прошедшего излучения [4] и позволяет выявлять ароматические соединения и коллоидальные частицы. Разработка новых способов открывает возможности использования онлайн-хроматографа, который производит отбор проб и ведет непрерывный мониторинг состояния ТМ. Перспективным направлением является разработка дистанционных методов диагностики и мониторинга ТМ с полной количественной и качественной оценкой [5].

Таким образом, электрические и физические свойства ТМ характеризуются многочисленными и разнообразными показателями обеспечения надежности эксплуатации трансформаторов, а распространенные традиционные лабораторные способы диагностики ТМ имеют существенные недостатки и требуют разработки, внедрения новых методов проведения соответствующих исследований. Перспективными способами диагностики и мониторинга ТМ сегодня можно назвать спектральный метод и применение современных хроматографов.

Источники

1. Платонова А.А. Определение марки масла // Тинчуринские чтения – 2022 «Энергетика и цифровая трансформация»: матер. Междунар. молодежной науч. конф. Казань, 2022. Т. 3. С. 117–119.
2. Особенности старения трансформаторного масла в реальных условиях эксплуатации / Г.И. Ризванова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2015. № 9-10. С. 91–94.
3. Козлов В.К., Гарифуллин М.Ш., Гиниатуллин Р.А. Спектральный метод диагностики состояния трансформаторного масла // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2006. № 11-12. С. 80–83.
4. Визуальное определение параметров качества трансформаторного масла / Д.М. Валиуллина [и др.] // Актуальные научные исследования в современном мире. 2021. № 3-1. С. 33–37.
5. Фасыхов А.Р. Анализ методов диагностики трансформаторного масла // Тинчуринские чтения – 2021 «Энергетика и цифровая трансформация»: матер. Междунар. молодежной науч. конф. Казань, 2021. С. 294–297.

УДК 621.315.66

ВИБРОДИАГНОСТИКА ОПОР ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Махмутов Артем Дмитриевич[1], Вагапов Георгий Валериянович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]phenomen.cfg@mail.ru, [2]vagapov@list.ru

В статье рассматривается наиболее эффективный метод неразрушающего контроля, а именно, вибродиагностика, необходимая для предотвращения возникновения неисправностей в опорах ВЛЭП.

Ключевые слова: воздушные линии электропередач, дефекты, неразрушающий контроль, вибродиагностика, диагностирование.

VIBRODIAGNOSTICS OF OVERHEAD POWER LINE SUPPORTS

Makhmutov Artem Dmitrievich[1], Vagapov Georgy Valeryanovich[2]
[1,2]Kazan State Power University, Kazan
[1]phenomen.cfg@mail.ru, [2]vagapov@list.ru

The article discusses the most effective method of non-destructive testing, namely, vibration diagnostics, which is necessary to prevent the occurrence of malfunctions in the supports of high-voltage transmission lines.

Keywords: overhead power lines, defects, non-destructive testing, vibration diagnostics, diagnostics.

Опоры воздушных линий электропередач (ВЛЭП) являются важнейшим элементом энергосистем, поэтому необходимо уделять особое внимание к их выбору, так как от этого зависит их долговечность и надежность, а также устойчивость от внешних воздействий. Именно грамотно выбранные опоры ВЛЭП исключают перебои сети, возникновение аварийных ситуаций и больших затрат на их восстановление [1].

Из-за различных погодных условий появляются технологические разрушения в виде трещин по причине неравномерного распределения нагрузок, что выявляет необходимость развития неразрушаещего контроля методов диагностирования элементов ВЛЭП. В настоящее время получает широкое распространение вибродиагностика, предназначенное для заблаговременного выявления неисправностей, и получения состояния технологического ресурса. С помощью этого возможно исключить возникновения аварийных ситуаций и сократить выбор необходимых ремонтных работ.

Диагностике ВЛЭП подлежат провода и грозозащитные тросы, линейная арматура и изоляция, стойки опор, фундаменты и заземляющие устройства [2].

Раннее диагностику проводили при помощи внешнего осмотра оборудования, для нахождения трещин и других дефектов, но по причине тяжёлой массы, больших размеров опор и стоек выявить точное расположение неисправностей стало проблематично. Наиболее верной и информативной оценкой для этого служит количественная оценка надёжности элементов воздушных линий электропередач, получаемая методом вибродиагностики, основа, которой состоит из процессов приема и анализа виброакустических сигналов с помощью принятия информации по результатам колебательных процессов, к примеру, акустического или вибрационного шума элемента диагностирования в окружающей среде [3].

Для производства данного вида контроля производятся динамические воздействия на контролируемый объект, возникающие от естественных природных факторов, к примеру, возникновение сильного ветра или колебания почвы. Конечным результатом является появление микровибраций во внутренних структурах элементов воздушных линий электропередач, что в итоге обеспечивает возбуждение всех форм собственных колебаний ТС в целом [4].

Вибрационное техническое состояние ВЛЭП формируется характеристикой вибраций и является следствием структурного и функционального состояний и динамических свойств контролируемого объекта [5].

Основными характеристиками колебательных процессов: амплитуда и частота спектрального компонента, компонент кепстра, модуляционные характеристики, характеристики временных реализаций вибрации.

В заключение, опоры ВЛЭП являются звеном, определяющее надежности и долговечность, поэтому необходимо производить постоянный контроль данного элемента, чтобы исключить возникновение аварийных ситуаций. В данной работе рассмотренны технологические решения с помощью вибродиагностики контролируемого объекта.

Источники

1. Брякин И.В., Бочкарев И.В. Датчик виброперемещений для систем мониторинга состояния конструктивных элементов высоковольтных линий электропередач // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 4. С. 63–76.

2. Гатиятов И.З., Сабитов Л.С. Способы и установки контроля опор из трубчатых стержней, применяемых в энергетическом строительстве при воздействии на них статических и динамических нагрузок // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2018. Т. 20, № 5-6. С. 93–101

3. Модель собственных гармонических колебаний провода для задач мониторинга состояния воздушных линий электропередачи / Д.А. Ярославский [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22, № 3. С. 97–106.

4. Использование бесконтактных методов диагностики высоких электрических полей / А.В. Голенищев-Кутузов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2019. Т. 21, № 4. С. 123–133.

5. Цифровая система мониторинга повреждений на линиях электропередачи / А.И. Федотов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 1. С. 146–155.

УДК 621.3.084.2:621.315.1

КОНСТРУКЦИЯ ДАТЧИКА ВИБРОПЕРЕМЕЩЕНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Махмутов Артем Дмитриевич[1], Вагапов Георгий Валериянович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]phenomen.cfg@mail.ru, [2]vagapov@list.ru

В статье рассматривается конструкция элементов, предназначенных для производства неразрушающего контроля опор воздушных линий электропередач, а также их преимущества и недостатки.

Ключевые слова: воздушные линии электропередач, дефекты, неразрушающий контроль, вибродиагностика, диагностирование.

DESIGN OF VIBRATION SENSOR FOR NON-DESTRUCTIVE TESTING

Makhmutov Artem Dmitrievich, Vagapov Georgy Valeryanovich
[1,2]Kazan State Power University, Kazan
[1]phenomen.cfg@mail.ru, [2]vagapov@list.ru

The article discusses the design of elements intended for the production of non-destructive testing of overhead power transmission towers, as well as their advantages and disadvantages.

Keywords: overhead power lines, defects, non-destructive testing, vibration diagnostics, diagnostics.

Для производства неразрушающего контроля необходимы элементы в виде первичного измерительного преобразователя, предназначенные для изменения характеристик с неэлектрической в электрическую величины. Также необходим датчик виброперемещения (ДВ), который приводится в движение от инерции твердотельных контролируемых элементов, относящиеся к классу электромагнитных преобразователей, измеряющие низкочастотные динамические процессы [1]. Преимуществами ДВ являются широкий амплитудный диапазон, малое сопротивление на выходе и возможность передачи сигналов по длинной линии связи. Но также имеются и недостатки, такие как, сильная чувствительность и недостаточная помехозащищенность [2].

На рис. 1 представлен вариант блок схемы измерительной электродинамического осевого вибродатчика.

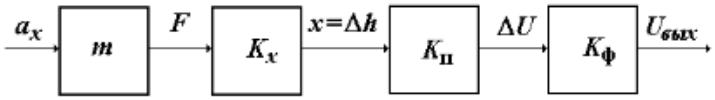


Рис. 1. Блок схема измерительного электродинамического осевого вибродатчика: a_x – измеряемое ускорение; m – величина инерционной массы чувствительного элемента, являющейся коэффициентом передачи первого звена; F – сила инерции; K_x – коэффициент передачи второго звена; x – перемещение инерционной массы; $K_п$ – коэффициент передачи преобразователя перемещений; ΔU – выходное напряжение преобразователя перемещения; $K_ф$ – коэффициент передачи активного фильтра; $U_{вых}$ – выходное напряжение ДВ

Для рассматриваемого способа неразрушающего контроля используют датчик соленоидного типа, имеющий цилиндрический корпус *1*, закрытый с обеих сторон фланцами *2* и *3*, для преобразования вибраций в электрический сигнал. Втулка 4, находящаяся внутри элемента выполнена их диэлектрического материала на внешней поверхности имеет пазы для размещения цилиндрических измерительных катушек *5* и *6*, а на ее внутренней поверхности установлен медный тонкостенный цилиндр *7*. Инерционную массу удерживает ферритовая втулка *8*, которая располагается на немагнитном штоке *9* коаксиально цилиндру *7*, установленный на упругих плоских подвесах *12*, *13*. Элементы *8* – ферритовая втулка и *9* – немагнитный шток в совокупности образуют якорь-плунжер [3].

С помощью шайб *10* и *11* плотно закрепляются на упругие подвесы установленные с возможностью осевых перемещений относительно корпуса *1*. На стадии подготовки датчика к работе путем смещения шайб *10* и *11* устанавливают нейтральное пространственное положение ферритовой втулки *8* относительно измерительных катушек *5* и *6* [4].

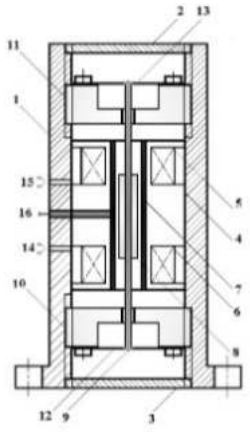


Рис. 2. Конструкция датчика

Данный датчик обладает высокой чувствительностью и оптимальным уровнем помехозащищенности. На базе разработанного датчика предложена концепция построения системы мониторинга целостности опор ЛЭП, которая фактически является распределенной сенсорной сетью реального времени [5].

Источники

1. Брякин И.В., Бочкарев И.В. Датчик виброперемещений для систем мониторинга состояния конструктивных элементов высоковольтных линий электропередач // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 4. С. 63–76.

2. Гатиятов И.З., Сабитов Л.С. Способы и установки контроля опор из трубчатых стержней, применяемых в энергетическом строительстве при воздействии на них статических и динамических нагрузок // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2018. Т. 20, № 5-6. С. 93–101.

3. Модель собственных гармонических колебаний провода для задач мониторинга состояния воздушных линий электропередачи / Д.А. Ярославский [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22, № 3. С. 97–106.

4. Использование бесконтактных методов диагностики высоких электрических полей / А.В. Голенищев-Кутузов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2019. Т. 21, № 4. С. 123–133.

5. Цифровая система мониторинга повреждений на линиях электропередачи / А.И. Федотов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 1. С. 146–155.

УДК 621.315.1

ВИБРОДИАГНОСТИКА ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Махмутов Артем Дмитриевич[1], Вагапов Георгий Валериянович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]phenomen.cfg@mail.ru, [2]vagapov@list.ru

Аннотация: В статье рассматривается эффективный и практический метода неразрушающего контроля, позволяющие существенно улучшить показатели эффективности электроснабжения путем выявления дефектов.

Ключевые слова: воздушные линии электропередач, дефекты, неразрушающий контроль, вибродиагностика, диагностирование.

VIBRATION DIAGNOSTICS OF POWER LINES

Makhmutov Artem Dmitrievich, Vagapov Georgy Valeryanovich
[1,2]Kazan State Power University, Kazan
[1]phenomen.cfg@mail.ru, [2]vagapov@list.ru

The article discusses effective and practical methods of non-destructive testing that can significantly improve the efficiency of power supply by detecting defects.

Keywords: overhead power lines, defects, non-destructive testing, vibration diagnostics, diagnostics.

Главным элементом электрических сетей выступают воздушные линии электропередач (ВЛЭП). Их работоспособность во многом зависит от технического состояния отдельных элементов. Немаловажными элементами ВЛ являются опоры ЛЭП, которые определяют долговечность и прочность всей конструкции, а также устойчивость от внешних воздействий. При повреждении опор становится необходимым осуществление дорогостоящих восстановительных работ и незамедлительный ввод резервов системы. При этом возможно отключение от энергообеспечения городов, населенных пунктов и промышленных комплексов. Наиболее весомым недостатком опор ВЛЭП является небезопасное производство работ в близи их местоположения, в следствие чего возможно разрушение опор ВЛЭП.

На современном этапе развитии диагностики происходит постепенный переход на неразрушающий контроль. Это необходимо для постоянного, безопасного и надежного диагностирования объектов электрических систем, а также получения оценки качества после производства работ по установке и ремонту [1].

Кроме того, решаются вопросы

– безопасности специалистов, выполняющих монтажные и ремонтные работы линий электропередач;

– бесперебойной и надежной подачей электрической энергии потребителям;

– возможность эффективного планирования работ по восстановлению опор [2].

Для полного диагностирования в комплексе необходимо проверять состояние железобетонных конструкций ВЛЭП, используя при этом только вибрационные методы диагностики, которые основаны на анализе изменения затухающих механических колебаний низких и высоких частот, которые искусственно возбуждаются в железобетонных конструкциях. При появлении дефектов в бетоне или коррозии прилегающей арматуры нарушается взаимодействие между параметрами, рассмотренных раннее и состояния бетона с арматурой и их сцепления между собой.

Также необходимо уделять внимание узлу крепления опоры к фундаменту. Характер получаемых колебаний показывают техническое состояние изолятора. При наличии дефектов в диагностическом элементе уменьшается частота резонансных колебаний и увеличивается скорость их затухания. Для получения оптимальных данных производят удар по верхнему и нижнему башмакам изолятора. Затем эти два значения сравниваются спектром резонансных колебаний и в месте резонанса выявляется дефект [3].

Пассивно-акустический метод вибрационной диагностики используют для контроля элемента во время его эксплуатации. Данный метод обладает многими преимуществами, например, появляется возможность оценки больших участков контролируемого объекта, действительно в быстрые сроки выявляет уже имеющиеся или только развивающиеся опасные дефекты, но есть и некоторые недостатки ввиду помех при измерении, появляется сложность регистрации частот [4].

Тем самым, можно сделать вывод, что наиболее полноценную информацию для выявления дефектов металлических стоек и железобетонных опор получают с помощью вибродиагностического комплекса [5].

Источники

1. Брякин И.В., Бочкарев И.В. Датчик виброперемещений для систем мониторинга состояния конструктивных элементов высоковольтных линий электропередач // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 4. С. 63–76.

2. Гатиятов И.З., Сабитов Л.С. Способы и установки контроля опор из трубчатых стержней, применяемых в энергетическом строительстве

при воздействии на них статических и динамических нагрузок // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2018. Т. 20, № 5-6. С. 93–101.

3. Модель собственных гармонических колебаний провода для задач мониторинга состояния воздушных линий электропередачи / Д.А. Ярославский [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22, № 3. С. 97–106.

4. Использование бесконтактных методов диагностики высоких электрических полей / А.В. Голенищев-Кутузов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2019. Т. 21, № 4. С. 123–133.

5. Цифровая система мониторинга повреждений на линиях электропередачи / А.И. Федотов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 1. С. 146–155.

УДК 621.316.9

ВАЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ГРОЗОПЕЛЕНГАЦИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МОЛНИЕЗАЩИТЫ ВЛ 6–750 КВ

Минанхузин Ильфир Илшатович[1], Сабитов Айдар Хайдарович[2],
Ахметов Айдар Русланович[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]minankhuzin@yandex.ru, [2]sabitov_ah@mail.ru, [3]Aydarakhmetov2001@yandex.ru

В данной работе, основанной на анализе отечественных исследований и СТО ПАО ФСК «ЕЭС», предпринята попытка изложения ключевой информации о системах грозопеленгации и защитной аппаратуры воздушных линий электропередачи, а также их взаимосвязи в контексте важности использования первых при проектировании эффективной молниезащиты вторых.

Ключевые слова: электроэнергетика, пеленгаторы, молниезащита ВЛ, нормативная документация, ОПН, грозовые отключения.

THE IMPORTANCE OF USING MODERN LIGHTNING RANGING SYSTEMS WHEN DESIGNING LIGHTNING PROTECTION FOR 6-750 KV OVERHEAD LINES

Minankhuzin Ilfir Ilshatovich[1], Sabitov Aidar Khaidarovich[2],
Akhmetov Aidar Ruslanovich[3]
[1,2]Kazan State Power University, Kazan
[1]minankhuzin@yandex.ru, [2]sabitov_ah@mail.ru, [3]Aydarakhmetov2001@yandex.ru

In this paper, based on the analysis of domestic studies and OS FGC “UEN” an attempt is made to present key information about lightning protection systems and protective equipment of overhead power lines, as well as their relationship in the context of the importance of using the former when designing an effective lightning protection of the latter.

Keywords: electric power industry, direction finders, overhead line lightning protection, regulatory documentation, surge arresters, lightning outages.

В настоящее время в электроэнергетической отрасли отключения воздушных линий (ВЛ) электропередачи по причине поражения их компонентных элементов ударами молний (далее: грозовые отключения или ГО) приводят к возникновению различных технико-экономических проблем, влияющих как на поставщиков, так и на потребителей электроэнергии [1]. Из-за существенной протяженности многих ВЛ нашей страны длитель-

ность поиска грозовых повреждений (ГП) характеризуется высокими показателями, особенно при частых неблагоприятных метеорологических условиях, например, на территориях Юга и Севера, что обусловило перспективность внедрения систем грозопеленгации, предназначенных для эффективного предоставления информации об обнаружении атмосферных разрядов молний [2]. Последние выполняются как в виде однопунктовых объектов, так представляют собой взаимосвязанную сеть, состоящую из большого количества отдельных пеленгаторов. Точность их работы прямо коррелирует с плотностью установки пеленгирующих детекторов. Конечная цель грозопеленгации – увеличение показателей точности поиска мест разрядов, их количества и времени возникновения, а также эффективное предупреждение о надвигающемся грозовом фронте различных заинтересованных служб [3].

На данный момент разработано и внедрено в эксплуатацию в более чем тридцати странах мира большое количество разновидностей и марок пеленгаторов: ГПС Алвес, Верея-МР, WWLLN, NLDN, Euclid, Boltek, GLN, Blitzortung и др. Сегодня, как правило, все их модели усовершенствованы до автоматизированных систем пеленгации молний (АСПМ), которые, помимо упомянутого функционала, способны определять и предоставлять наиболее детальные и подробные данные о случаях и характеристике грозовой деятельности: амплитудно-импульсные показатели, показатели тока, полярности разряда, формы электромагнитного импульса (ЭМИ) и длительности молний. Это возможно благодаря тому, что концепция современных АСПМ основывается на зависимости магнитной и электрической напряженностей ЭМИ молнии от амплитуды тока [4].

Опыт показывает, что предоставляемые пеленгаторами данные оказываются весьма полезными при расчете необходимости применения защитной аппаратуры (ЗА) ВЛ от ГП и выборе типа их установки. Сегодня при проектировании электроэнергетической молниезащиты важную роль играют методические указания ПАО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007-29.130.10.197-2015 по применению ЗА на ВЛ 6–750 кВ, принцип работы которых базируется на получении нелинейной вольтамперной характеристики [5]. К таким ЗА следует относить ограничители перенапряжения нелинейные (ОПН) и устройства, выполненные в виде разновидности их присоединения к опорам через внешний искровой промежуток (ОПНИ). Цель использования ОПН и ОПНИ – обеспечение необходимой надежности эксплуатации и работы ЭЭС при возникновении

грозовых перенапряжений. Согласно п.6 и п.7 СТО, важнейшая задача здесь заключается в определении среднего числа ГО (*N*), которые напрямую связаны не только с ресурсом самих выключателей и успешностью срабатывания устройств АПВ, но и со значениями токов КЗ, сопротивления заземления, с типами трассовых опор и тросовой защиты, степенью загрязненности и, самое главное, ежегодным количеством грозовых часов и числом ударов молний на участок ВЛ. Значения последних двух показателей играют здесь существенную роль, поскольку они непосредственно присутствуют в формулах для расчета *N*.

Как уже было упомянуто, эти значения могут быть довольно точно определены с помощью АСПМ и разработанных на основе их использования специальных карт распределения количества и длительности разрядов молний на тех или иных территориях страны. Таким образом, именно в этом сегодня заключается важность и значимость применения электросетевыми компаниями современных систем грозопеленгации.

Источники

1. Юдицкий Д.М., Усачев А.Е. Сравнительная оценка доли ударов молний в опоры и верхний фазный провод в пролёте ВЛ без молниезащитного троса // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2018. № 3-4. С. 3–10.

2. Вопросы грозозащиты воздушных линий в условиях севера Кольского полуострова: требования, опыт эксплуатации ВЛ 110–150 кВ, методика расчета / А.Н. Новикова [и др.] // Труды Кольского научного центра РАН. 2011. № 5. С. 9–23.

3. Селиванов В.Н., Бурцев А.В., Колобов В.В. Анализ молниевой активности на Кольском полуострове в 2019–2020 гг. // Труды Кольского научного центра РАН. 2020. № 7. С. 40–52.

4. Особенности влияния природно-климатических условий на грозоупорность воздушных линий на примере ВЛ 330 и 500 кВ МЭС Юга / А.Н. Новикова [и др.] // Редакционная коллегия. 2012. № 1. С. 105–119.

5. СТО 56947007-29.130.10.197-2015. Методические указания по применению ОПН на ВЛ 6–750 кВ. М.: ОАО «ФСК ЕЭС», 2015. 138 с.

УДК 621-315

АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА И СИНТЕТИЧЕСКОЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЖИДКОСТИ

Морозов Илья Борисович [1], Копейкина Татьяна Васильевна [2]
[1,2]КТИ (филиал) ВолгГТУ, г. Камышин
[1]morozv45@mail.ru, [2] kopeikina.tania@yandex.ru

Аннотация: В статье рассматривается эффективность применения синтетической диэлектрической жидкости как охлаждающей и диэлектрической жидкости для заполнения трансформаторов. Сравниваются способности к возгоранию MIDEL 7131 и минерального масла. Сделан вывод, что диэлектрическая жидкость MIDEL 7131 обеспечивает существенные преимущества по сравнению с другими типами жидких диэлектриков.

Ключевые слова: трансформатор, жидкость, безопасность, температура, минеральное масло.

ANALYSIS OF OPERATIONAL PROPERTIES OF TRANSFORMER OIL AND SYNTHETIC DIELECTRIC FLUID

Morozov Ilya Borisovich[1], Kopeikina Tatiana Vasilyevna[2]
[1,2]KTI (branch of) VSTU, Kamyshin
[1]morozv45@mail.ru, [2]kopeikina.tania@yandex.ru

The article considers the efficiency of using synthetic dielectric fluid as a cooling and dielectric fluid for filling transformers. The ignition properties of MIDEL 7131 and mineral oil are compared. It is concluded that the MIDEL 7131 dielectric liquid provides significant advantages over other types of liquid dielectrics.

Keywords: transformer, liquid, safety, temperature, mineral oil.

В настоящий момент в трансформаторах с жидким диэлектриком используется минеральное масло, хлорированные углеводороды, высокомолекулярные углеводороды или силиконовые жидкости. Отдельного внимания заслуживают силиконовые жидкости, которые представляют собой семейство синтетических жидкостей. Эти жидкости сохраняют жидкое состояние в широком диапазоне температур. Остальные физические и электрические свойства с изменением температуры меняются незначительно [1].

MIDEL 7131 – трансформаторная жидкость, пожаробезопасная и безопасная для окружающей среды, состоящая из органических полиэфиров. Отличительной особенностью данного диэлектрика является

то, что MIDEL 7131 это жидкость, которая специально разрабатывалась как жидкость, превосходящая по свойствам минеральное масло с более высокой температурой вспышки и воспламенения (табл. 1).

Таблица 1

Температура вспышки и воспламенения

Параметр	Нормы по требуемой температуре	MIDEL 7131	Минеральное масло
Температура вспышки	Мин. 250 °C	260 °C	150 °C
Температура воспламенения	Мин. 300 °C	316 °C	170 °C

На рис. 1 показаны сравнительные результаты полученных значений для минерального масла и MIDEL 7131.

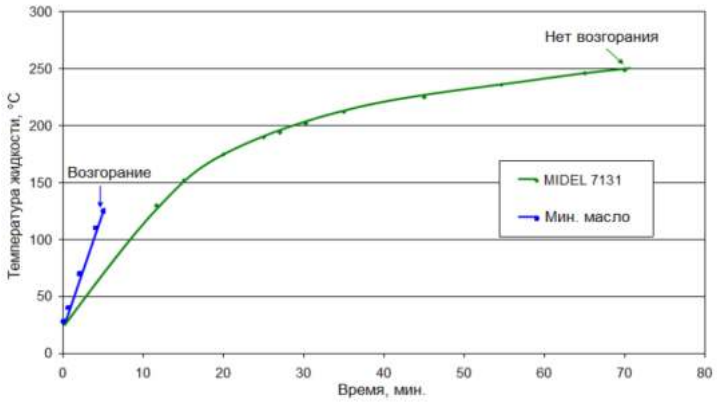


Рис. 1. Сравнение способности к возгоранию MIDEL 7131 и минерального масла

В результате проделанного опыта видно, что температура минерального масла быстро растет, уже через 4 минуты оно загорается. Минеральное масло продолжает гореть, даже после устранения источника возгорания, образуя при этом густой черный дым.

На рис. 2 хорошо видны низкие дымообразующие свойства MIDEL 7131. Для простоты сравнения графиков плотности дыма ось времени нормализована к началу возгорания. Как и ожидалось, минеральное масло образует густой чёрный дым, силиконовая жидкость – серый дым, в обоих случаях дым плотнее, чем белый дым, образующийся при горении MIDEL 7131. Следует также отметить, что при испытаниях выяснилось: чтобы поджечь MIDEL 7131, потребовалось вдвое больше времени по сравнению с минеральным маслом [2, 4].

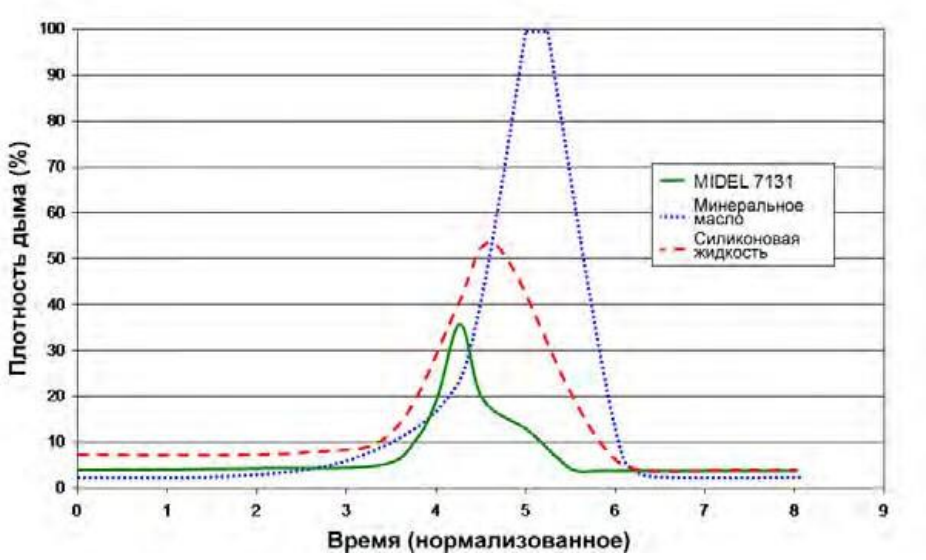


Рис. 2. Сравнение плотности дыма MIDEL 7131, силиконовой жидкости и минерального масла

Все данные относительно проверенных эксплуатационных качеств, пожаробезопасности, безопасности для человека и окружающей среды указывают на то, что диэлектрическая жидкость MIDEL 7131 обеспечивает существенные преимущества по сравнению с другими типами жидких диэлектриков.

Источники

1. Копейкина Т.В. Применение силиконовой жидкости в трансформаторах // Оперативное управление в электроэнергетике: Подготовка персонала и поддержание его квалификации. 2020. № 3 (84). С. 16–21.

2. Силиконовая трансформаторная жидкость Софэксил-ТСЖ™. Рекомендации по применению [Электронный ресурс]. URL: https://www.sofex-silicone.ru/files/SOFEXIL-TCJ.pdf /(дата обращения: 03.10.2022).

3. Коробейников С.М. Диэлектрические материалы: учеб. пособие. Новосибирск: Новосиб. гос. тех. ун-т., 2000. 66 с.

4. Силиконовая трансформаторная жидкость Dow Corning 561 Silicone Transformer Liquid [Электронный ресурс]. URL: https://mirsmazok.ru/spetsialnyeidkosti/cilikonovaya_transformatornaya_zhidkost_dow_corning_561_silicone_transformer_liquid/ (дата обращения: 15.10.2022).

5. MIDEL 7131 – полиэфирный диэлектрик вместо минерального трансформаторного масла [Электронный ресурс]. URL: https://www.elec.ru/articles/midel-7131-poliefirnyj-dielektrik-vmesto-mineralno/ (дата обращения: 20.10.2022).

УДК 621.317.1

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СИНХРОНИЗИРОВАННЫХ ВЕКТОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ФУНКЦИЙ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ

Мустафин Рамиль Гамилович[1], Касимов Василь Амирович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]ramil.mustafin@gmail.com, [2]vasilkasimov@yandex.ru

Аннотация: В статье рассматриваются вопросы применения технологии синхронизированных векторных измерений (СВИ) на цифровой подстанции (ЦПС), в качестве замены сигналов Sampled Values (SV). Рассматриваются дополнения к стандартному набору сигналов СВИ, необходимые для работы различных релейных защит (РЗА) на цифровой подстанции.

Ключевые слова: синхронизированные векторные измерения, СВИ, цифровая подстанция, ЦПС, Sampled Values, SV, релейная защита.

USE OF SYNCHRONIZED VECTOR MEASUREMENTS TECHNOLOGY FOR PERFORM RELAY PROTECTION FUNCTIONS

Mustafin Ramil Gamilovich[1], Kasimov Vasil Amirovich [2]
[1,2]Kazan State Power University, Kazan
[1]ramil.mustafin@gmail.com, [2]vasilkasimov@yandex.ru

The article deals with the use of synchronized vector measurements (SVM) technology in a digital substation as a replacement for Sampled Values (SV) signals. The additions to the standard set of SVM signals necessary for the operation of various relay protections at a digital substation are considered.

Keywords: synchronized vector measurements, digital substation, Sampled Values, SV, relay protection.

Цифровая подстанция (ЦПС) согласно протоколу МЭК 61850 является наиболее совершенной технологией для автоматизации подстанций [1]. Измеренные значения токов и напряжений на цифровой подстанции передаются по протоколу SV [2], и потоки пакетов SV сильнее всех остальных сигналов нагружают цифровую сеть подстанции: поток постоянен, и формирует пакеты с частотой 80 (или 256) измерений за период первой гармоники сети T_1 = 0,02 секунды. В последнее время предлагается интегрировать технологии СВИ для замены сигналов измерений SV цифровой подстанции [3]. Использование СВИ приводит

к снижению объема передаваемой информации, поскольку передается всего шесть синхронизированных векторов (тока и напряжения) за период T1 [4]. Переход от сигналов SV к сигналам СВИ особенно актуален для цифровой подстанции четвертого типа: на базе централизованного сервера РЗА [5], поскольку полностью снимает нагрузку обработки потоков SV на сервере, в то же время сигналы СВИ напрямую могут использоваться в защитах.

Далее рассмотрим состав сигналов СВИ [3] и необходимые дополнения для работы релейных защит на подстанции. СВИ содержат амплитуду первой (с периодом T_1) гармоники трех фазных токов и напряжений, частоты пофазно и частоту прямой последовательности, скорость изменения частоты. На основе данных сигналов могут работать:

– все токовые защиты (ТО, МТЗ, как фазные, так и на основе симметричных составляющих);

– дистанционные защиты;

– защиты по частоте (включая защиты по скорости изменения частоты);

– дифференциальные защиты (линии, шин).

Направленные защиты по мощности (активной, реактивной, полной) должны учитывать все гармоники тока и напряжения, а не только первую, содержащуюся в СВИ. В связи с этим предлагается добавить в стандартный набор СВИ:

1. Действующие значения токов и напряжений и углы между ними, поскольку действующие значения содержат полный набор гармоник.

Заметим, что квадрат действующего значения тока $I_{\text{д.з}}$ или напряжения $U_{\text{д.з}}$ равен сумме квадратов действующих значений гармоник ($I_{i\text{д.з}}$ или $U_{i\text{д.з}}$ соответственно), содержащихся в данном токе или напряжении:

$$I^2_{\text{д.з}} = \sum\nolimits_i I^2_{(i)\text{д.з}},$$

$$I^2_{\text{д.з}} = \sum\nolimits_i U^2_{(i)\text{д.з}}.$$

В результате, действующие значения можно использовать для определения поврежденного фидера при ОЗЗ в сети с изолированной

нейтралью, поврежденный фидер имеет максимальную (среди всех фидеров) сумму высших гармоник.

Кроме того, сумма высших гармоник используется для вычисления показателя качества электроэнергии – коэффициента искажения синусоидальной формы кривой напряжения K_U, который вычисляется как отношение среднеквадратического значения суммы гармонических составляющих до 40-го порядка, к значению основной составляющей:

$$K_U = 100 \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{40} U_{(n)}^2}}{U_{(1)}}.$$

В современных защитах для обнаружения переходных процессов используются высшие гармоники. Поэтому предлагается в стандартный набор СВИ дополнительно включить:

1) амплитуду 2-й гармоники тока, необходимую для отстройки дифференциальной защиты трансформатора (ДЗТ) от бросков токов намагничивания;

2) амплитуду 3-й гармоники напряжения, необходимую для защиты обмотки статора генератора от однофазных замыканий на землю, которая работает по напряжению третьей гармоники.

Таким образом, использование на цифровой подстанции для систем РЗА сигналов СВИ с описанными выше дополнениями (необходимыми в каждом конкретном случае) вместо сигналов SV, позволит:

а) в десятки раз сократить количество передаваемой информации;

б) значительно упростить реализацию центрального сервера РЗА, поскольку необходимые для работы релейных защит данные будут передаваться совместно с СВИ, а не рассчитываться на сервере по сигналам SV.

Источники

1. Технологии передачи данных в современных системах релейной защиты и автоматики и их показатели качества / И.Н. Лизунов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19, № 1-2. С. 52–63.

2. ГОСТ Р 54835-2011/IEC/TR 61850-1:2003. Сети и системы связи на подстанциях. Ч. 1. Введение и обзор. М.: Стандартинформ, 2012. 45 с.

3. Improving the efficiency and reliability of RPA systems of digital step-down substations and digital grids [Электронный ресурс] / A.V. Mokeev [et al.] // E3S Web of Conf. 2020. Vol. 216. URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2020/76/e3sconf_rses2020_01044/e3sconf_rses2020_01044.html (дата обращения: 02.10.2022).

4. СТО 59012820.29.020.011-2016. Стандарт релейная защита и автоматика. Устройства синхронизированных векторных измерений [Электронный ресурс]. URL: https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/laws/standards/sto_synhro_vector.pdf (дата обращения: 02.10.2022).

5. Концепция развития релейной защиты, автоматики и автоматизированных систем управления технологическими процессами электросетевого комплекса группы компаний «РОССЕТИ» [Электронный ресурс]: приложение 1 к приказу ПАО «Россети» и ПАО «ФСК ЕЭС» от 24 июня 2022 г. № 286/186. URL: https://www.rosseti.ru/investment/science/tech/doc/conception_rrz.pdf (дата обращения: 02.10.2022).

УДК 621.311.001.57

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕМ ПОТРЕБИТЕЛЯ КОМПЛЕКСА «TOSHIBA H2ONE» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯЗЫКОВ СТАНДАРТА МЭК 61131-3

Мухаметшин Разиф Раилевич[1], Сидоров Александр Евгеньевич[2]
[1,2] ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]darthrazif@gmail.com, [2]asidorini@rambler.ru

В данной статье предложена реализация в среде CodeSys модели энергоустановки на базе комплекса «Toshiba H2One», который можно использовать для электроснабжения промышленных предприятий и различных электроустановок за счёт использования водорода, в качестве замены основного источника электроэнергии, в условиях недостатка традиционных энергоресурсов, что в скором времени и произойдёт.

Ключевые слова: модель, энергоустановка, возобновляемые источники энергии, водород, солнечные панели, электролиз, энергоэффективность.

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED POWER SUPPLY CONTROL SYSTEM FOR THE CONSUMER OF THE COMPLEX “TOSHIBA H2ONE” USING THE LANGUAGES OF THE IEC 61131-3 STANDARD

Mukhametshin Razif Railevich[1], Sidorov Alexander Evgenievich[2]
[1,2]Kazan State Power University, Kazan
[1]darthrazif@gmail.com, [2]asidorini@rambler.ru

The article proposes an implementation in the CodeSys environment of a power plant model based on the Toshiba H2One complex, which can be used to power industrial enterprises and various electrical installations through the use of hydrogen, as a replacement for the main source of electricity, in conditions of a lack of traditional energy resources, which in soon it will happen.

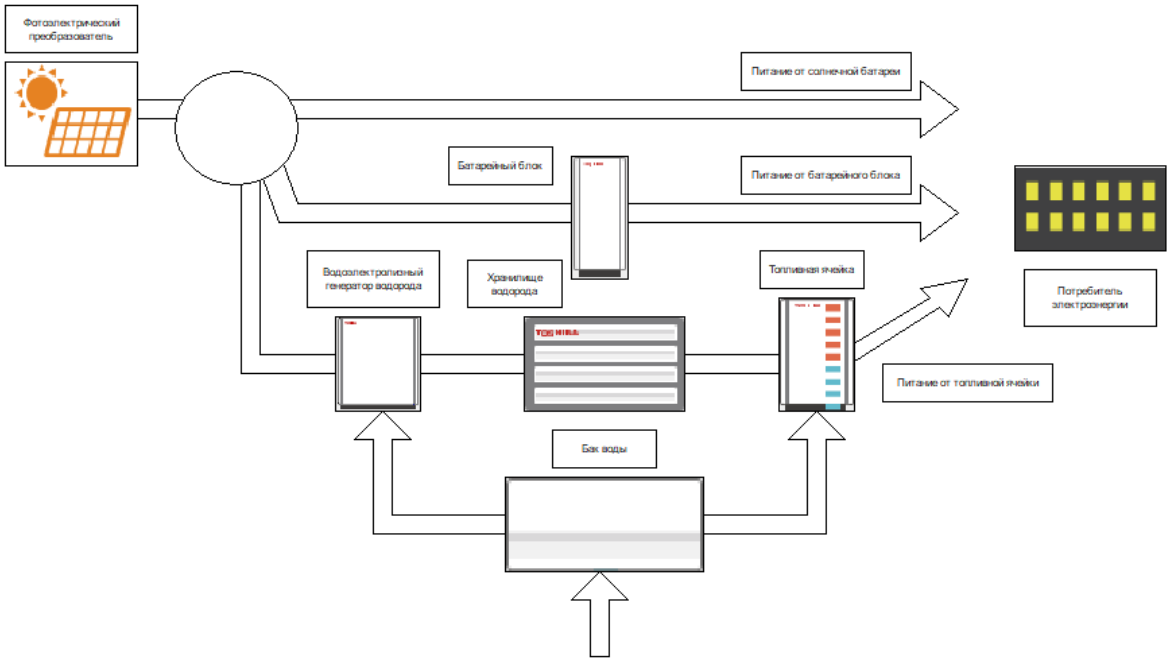
Keywords: model, power plant, renewable energy sources, hydrogen, solar panels, electrolysis, energy efficiency.

Энергоустановка – это комплекс взаимосвязанного оборудования и сооружений, предназначенных для производства или преобразования, передачи, накопления, распределения или потребления энергии.

Комплекс «Toshiba H2One» активно применяется в Японии [1, 3] – она была задействована в электроснабжении Токио во время Олимпийских игр 2020 г. [2, 4].

В состав данной энергоустановки входят следующие элементы [5]: фотоэлектрический преобразователь энергии (для преобразования сол-нечной энергии в электрическую в дневное время суток); батарейный блок (для хранения и передачи накопленной электроэнергии); водноэлектро-лизный генератор водорода (генерирует чистый водород в процессе электролиза); хранилище водорода (для хранения и передачи водорода в топливную ячейку); бак воды (для хранения и передачи воды в топливную ячейку и генератор водорода) и топливная ячейка (служит для преобразования чистого водорода в электроэнергии и подогрев воды из бака).

В дневное время суток потребитель питается за счет выработанной электроэнергии от солнечной батареи. В ночное время суток обеспечение происходит от топливной ячейки за счёт преобразования чистого водорода из хранилища. Следует отметить что при питании от топливной ячейки идёт также обеспечение потребителя горячей водой. Все излишки электроэнергии накапливаются в батарейном блоке – при недостаточном количестве выработанной энергии в ночное или дневное времени суток, эта накопленная энергия может пойти на питание потребителю.



Визуализация системы управления электроснабжением потребителя

На рисунке представлена визуализация разработанной модели, на которой представлена схема управления электроснабжением потребителя электроэнергии.

Модель была спроектирована в среде CodeSys V2.3 на базе ПЛК154, где главная программа была написана на языке CFC, а функциональные блоки на языке ST стандарта МЭК 61131-3.

Контролируемые параметры модели: наличие солнечной энергии, необходимого количества воды и водорода в резервуарах, а также уровень заряда в батарейных блоках.

Регулируемые параметры модели: количество производимой электроэнергии, чистого водорода и воды; температуру подогреваемой воды; время и режим работы энергоустановки; мощность ФЭП, ББ и ВЭГВ.

Таким образом, энергоустановка может обеспечивать необходимым количеством энергии четырьмя способами – от солнечной батареи, батарейного блока, топливной ячейки и комбинированным режимом.

Источники

1. Green hydrogen station H2One Station Unit opens in Tsuruga City, Japan [Электронный ресурс] // Green Car Congress: оф. сайт. URL: http://www.greencarcongress.com/2019/12/20191230-toshibaess.html (дата обращения: 08.11.2022).

2. The “Hydrogen Olympics” Lit a Torch for the Clean Fuel's Future [Электронный ресурс] // Scientific American: оф. сайт. URL: http://www.scientificamerican.com/article/the-hydrogen-olympics-lit-a-torch-for-the-clean-fuels-future1 (дата обращения: 08.11.2022).

3. Энергетический профиль Японии [Электронный ресурс] // EES EAEC. Мировая энергетика: сайт. URL: http://www.eeseaec.org/energeticeskij- profil-aponii (дата обращения: 08.11.2022).

4. Toshiba integrated hydrogen energy system starts operation at Toranomon Hills Business Tower in Tokyo [Электронный ресурс] // Green Car Congress: сайт. URL: http://www.greencarcongress.com/2020/06/20200621-toshiba.html (дата обращения: 08.11.2022).

5. Toshiba Energy Systems & Solutions [Электронный ресурс]: сайт. URL: http://www.global.toshiba/ww/products-solutions/hydrogen/products-technical- services/fuel-cell.html (дата обращения: 08.11.2022).

УДК 621.315.17

ВЫБОР ЗАЩИТНОЙ ПРОТИВООБЛЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ

Наумов Анатолий Алексеевич
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
anatnaumov@mail.ru

Обсуждается проблема выбора противообледелительных жидкостей для очистки и защиты поверхности высоковольтных воздушных линий электропередачи, другого электрооборудования от инея, снега, льда, образовывающихся в зимний период и в межсезонье.

Ключевые слова: противообледелительная жидкость, линия электропередачи, электрооборудование.

THE SELECTION OF ANTI-ICING FLUID

Naumov Anatoly Alekseyevich
[1,2]Kazan State Power University, Kazan
anatnaumov@mail.ru

Considered is the problem of anti-icing fluid selection for cleaning and protection of high-voltage aerial power supply line surfaces and other electric equipment from snow, ice and frost which are formed during winter and inter-season period.

Keywords: anti-icing fluid, power supply line, electric equipment.

Одним из перспективных способов уменьшения влияния на надежность электроснабжения внешних погодных факторов в межсезонье и в зимний период является недопустимость образования на линиях электропередач и другого электрооборудования, находящегося на открытом воздухе снежно-ледовых образований [1]. Для этого возможно использовать специальные жидкости, предназначенные для использования в качестве противообледенителей. Эти жидкости должны удовлетворять определенным эксплуатационным требованиям, основными из которых являются:

– защита поверхностей адсорбированным слоем, экранирующий электрооборудование от влаги;

– высокая смачиваемость по отношению к материалу защищаемой поверхности;

– низкая вязкость при отрицательных температурах;

– нелетучесть и малоиспаряемость, негорючесть и нетоксичность;

– не провоцировать коррозию металлов.

Важным фактором является производство жидкости на территории Российской Федерации отечественными производителями.

При выборе противообледенительных жидкостей их качество следует определять по нескольким параметрам, в том числе, по поверхностному натяжению и динамической вязкости. Поверхностное натяжение должно быть, как можно ниже, чтобы жидкость растекалась по поверхности и ложилась ровным слоем, иначе, при высоком поверхностном натяжении жидкость будет недопустимо быстро стекать.

Важной характеристикой противообледенительных жидкостей является «время защитного действия» (holdover time). Это время, в течение которого защитный слой жидкости остается на поверхности и препятствует образованию нового льда. Время защитного действия зависит как от окружающей температуры и погодных условий (иней, снег, замерзающий дождь и т. п.), так и от типа жидкости и способа ее нанесения.

К настоящему времени накоплен значительный опыт использования противообледелительных жидкостей в авиации [2], где применяются антифризы, имеющие температуру замерзания ниже температуры замерзания воды. При нанесении эти жидкости расплавляют снег, ледяной налет и, оставаясь на поверхности в виде тонкого слоя, препятствуют на некоторое время образованию нового льда. Противообледелительные жидкости принято разделять на 4 группы: Тип I, Тип II, Тип III и Тип IV.

Тип I – это «незагущенные» жидкости, предназначенные для применения в нагретом виде в основном для удаления снежно-ледяных отложений и кратковременной защиты. В их состав входят гликоль в качестве базового незамерзающего компонента, вода и присадки. Присадки включают в себя поверхностно-активные вещества (ПАВ) для обеспечения смачиваемости и ингибиторы коррозии для антикоррозионной защиты поверхности. Их достоинством является то, что вязкость жидкости не зависит от скорости относительного сдвига ее слоев (градиента скорости), т. е. их вязкость не изменяется при перемешивании. Недостатком является относительно малое время защитного действия (в условиях слабого снега при температуре –10 °С время защитного действия составляет 6–11 минут [3]). Их целесообразно использовать в основном для удаления снего-ледовых образований с поверхности проводов.

Для более долговременной защиты от образования льда возможно использование загущенных жидкостей II, III и IV типов, длительность защитного действия которых составляет: Тип II – 15–30 минут, Тип III – 10–25 минут, Тип IV – 20–40 минут. В их составе присутствуют загустители, из-за чего они имеют повышенную вязкость и образуют на поверхности плёнку, препятствующую примерзанию к защищаемой поверхности осадков. Жидкости этих типов можно применять без подогрева, с температурами окружающей среды. Трудности при их использовании состоят в том, что эти жидкости относятся к «неньютоновским»

жидкостям, с вязкостью, уменьшающейся при увеличении скорости относительного сдвига слоев. Это приводит к тому, что жидкость, изначально похожая на густой кисель, при интенсивном перемешивании теряет свою вязкость, а при прекращении перемешивания снова становится вязкой. К сожалению, после пяти-, шести- кратного перемешивания вязкие свойства жидкости обычно не возвращаются.

Почти все жидкости Тип II, III, IV имеют в своем составе пропиленгликоль (не менее 50 % массы), воду, присадки и значительное количество специальных загустителей. Использование пропиленгликоля связано с его экологической привлекательностью и с высокой вязкостью. Свойства жидкостей должны удовлетворять требованиям международного стандарта [4].

Трудности при использовании загущенных жидкостей связаны с требованиями особых условий при транспортировке, хранении и нанесении их на провода. Недопустимо перекачивать загущенные жидкости центробежными насосами, наполнять емкости необходимо ламинарным потоком по касательной к поверхности стенки сосудов, не допустимы резкие изгибы труб и шлангов, нанесение жидкости на провода следует проводить без перемешивания. Эти требования необходимо учитывать при модернизации устройств, позволяющих наносить жидкости на высоковольтные провода и другие устройства [5].

Из противообледелительных жидкостей, произведенных в РФ, можно выделить следующие. «Арктика» – близка к жидкостям Тип-1. Прозрачная, бесцветная или светло-желтого цвета жидкость, не имеющая запаха, обладает малой летучестью, неогнеопасна и не содержит механических примесей. Температура замерзания –37 °С. При неоднократном нагревании до 95 °С свойства жидкости не изменяются. Не вызывает коррозии металла. Основное назначение – удаление снежно-ледяных образований, но обладает малой предохраняющей способностью. В нормируемых условиях выпадения замерзающих осадков время защитного действия – 2–3 минуты.

«Арктика ДГ». Жидкость типа-1, может применяться в различной концентрации в зависимости от метеоусловий. Основное назначение – удаление снежно-ледяных образований. В 1,5–2 раза превосходит жидкость «Арктика» по предохраняющей способности и имеет большее время защиты. Рекомендуемая температура наружного воздуха до –40 °С.

«Арктика-200», по сравнению с «Арктика» имеет более высокую вязкость. Внешний вид – прозрачная или мутноватая жидкость от бесцветного до слабо-желтого цвета. Состоит из водного раствора этиленгликоля, с добавлением противокоррозионной присадки, ПАВ и загустителей.

Назначение – удаление снежно-ледяных образований, профилактическая обработка для предотвращения повторного обледенения. Обладает значительно лучшей предохраняющей способностью, чем «Арктика». Может применяться до температуры наружного воздуха минус 30 °С.

«Арктика ОС-2». Жидкость Типа 2, может применяться в различной концентрации в зависимости от метеоусловий. Назначение – удаление снежно-ледяных образований, предотвращение повторного обледенения. Может применяться до температуры наружного воздуха –40 °С. Эффективность по предохраняющей способности «Арктики ОС-2» превышает эффективность жидкости «Арктика» не менее, чем в 3 раза, но при ее применении возможно ухудшение противообледенительных свойств вследствие использования стандартного оборудования (насосов, форсунок, клапанов).

Таким образом, для использования в энергетике с целью очистки и защиты высоковольтных проводов и другого оборудования от обледенения, наиболее привлекательными являются противообледелительных жидкости «Арктика ОС-2» и «Арктика ДГ». Но для их успешного применения необходимо создавать специальные устройства для нанесения противообледелительных жидкостей на поверхности проводов.

Источники

1. Электротехнический справочник: в 4 т. Т. 3. Производство, передача и распределение электрической энергии / под ред. В.Г. Герасимова и др. (гл. ред. А.И. Попов). 10-е изд. М.: Издательский дом МЭИ, 2009. С. 777–778.

2. ГОСТ Р 54264-2010. Воздушный транспорт. Система технического обслуживания и ремонта авиационной техники. Методы и процедуры противообледенительной обработки самолетов. Общие требования. М.: Стандартинформ, 2020. 20 с.

3. ISO 11075:2007 Aircraft – Deicing/anti-icing fluids – ISO type I [Электронный ресурс]. URL: https://www.iso.org/standard/44185.html (дата обращения: 06.10.2022).

4. ISO 11078:2007 Aircraft – Deicing/anti-icing fluids – ISO types II, III and IV [Электронный ресурс]. URL: https://www.iso.org/standard/44186.html (дата обращения: 06.10.2022).

5. Наумов А.А. Устройство перемещения по проводам воздушной линии электропередачи: п. м. 175935 Рос. Федерации № 2017120270; заявл. 08.06.2017; опубл. 25.12.2017, Бюл. № 36.

УДК 62-8

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШАГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ И СЕРВОМОТОРА В СТАНКАХ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Нурмиев Ильшат Ильдарович[1], Хуснуллин Айнур Айратович[2],
Сафаров Ильдар Мирсаяфович[3], Сафин Марат Абдулбариевич[4]
[1,2,3,4]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]nurmievelshat@gmail.com, [2]ainurkhusnullin2002@mail.ru, [3] ildarsafarov@mail.ru

В статье описано применение в станках с чпу сервомотора и шагового двигателя с технической и экономической точек зрения.

Ключевые слова: ЧПУ, шаговый двигатель, сервомотор.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE USE OF A STEP MOTOR AND A SERVO MOTOR IN MACHINES WITH COMPUTER NUMERICAL CONTROL

Nurmiev Ilshat Ildarovich[1], Khusnullin Ainur Airatovich[2],
Safarov Ildar Mirsayafovich[3], Safin Marat Abdulbariyevich[4]
[1,2,3,4]Kazan State Power University, Kazan
[1]nurmievelshat@gmail.com, [2]ainurkhusnullin2002@mail.ru, [3] ildarsafarov@mail.ru

The article describes the use of a servomotor and a stepper motor in CNC machines from a technical and economic point of view.

Keywords: CNC, stepper motor, servo motor.

В качестве электропривода порталов и исполнительных узлов в фрезерных станках с чпу применяют шаговые двигатели. Сервомотор является единственным конкурентом шагового двигателя в ЧПУ станке [1]. Но что же лучше выбрать с технической и экономической точки зрения?

Считается, что шаговый двигатель намного дешевле сервомотора, но это утверждение является верным только для устройств небольших типоразмеров. Стоит понимать, что с увеличением мощности, разница в цене становится меньше, а в некоторых случаях даже быть одинаковой.

Чем больше станок, тем большая мощность нужна для перемещения рабочих органов. С возрастанием мощности, у шаговых двигателей проявляется склонность к резонансным явлениям, что приводит к пропуску шагов, соответственно снижается точность обработки [3]. Для фрезерных станков с ЧПУ, масса которых выше 50 кг, использование серводвигателя является более целесообразным.

ЧПУ с шаговым двигателем более прост в реализации и не требует высококвалифицированного персонала из-за отсутствия схем приводов с обратной связью.

Вопреки мнению, что заклинивший серводвигатель обязательно выйдет из строя, драйвер правильно настроенного станка не пошлет повторный сигнал на отработку перемещения, а выполнение программы приостановится до вмешательства оператора [4].

В шаговых двигателях, при перегрузке, есть вероятность пропуска нескольких шагов. СЧПУ продолжит выполнение программы, так как не узнает об этом из-за отсутствия обратной связи [3]. Пропуск нескольких шагов приводит к дефекту конечного изделия. Потеря шагов также возможна при внешних вибрационных воздействиях и ударах.

В крупногабаритных станках ЧПУ с шаговым двигателем скорость движения портала обычно ограничивается 9 м/мин. Так же работа на высоких ускорениях неизбежно приведет к пропуску шагов, даже в станках небольших размеров [2]. Идентичный портал с приводом от сервомотора способен развить скорость до 60 м/мин.

Рассмотренные выше факторы должны определить, какой двигатель выбрать для настройки конкретного фрезерного станка с ЧПУ.

Выбор двигателя будет зависеть от бюджета и типа работы, которая будет выполняться. Для работ, которые не требуют очень высокой точности, шаговые двигатели будут хорошим выбором. В случаях, когда нужна сверхвысокая точность и высокая скорость производства, лучше остановить выбор именно на сервоприводе.

Источники

1. Кацман М.М., Юферов Ф.М. Электрические машины автоматических систем. М.: Высшая школа, 1979. 261 с.

2. Сосонкин В. Л., Мартинов Г. М. Системы числового программного управления: уч. пособие для вузов. М.: Логос, 2005. 296 с.

3. Емельянов А.В., Шилин А.Н. Шаговые двигатели: учеб. пособие. Волгоград: ВолгГТУ, 2005. 48 с.

4. Сервопривод: докл. науч.-метод. семинара / ред. коллегия: А.С. Анучин, М.Г. Бычков, А.Н. Ладыгин. М.: Изд-во МЭИ, 2013. 88 с.

5. Татевосян А.А. Оптимизация параметров тихоходного синхронного двигателя с постоянными магнитами для линейного привода длинноходового одноступенчатого поршневого компрессора // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 6. С. 148–156.

6. Петров Т.И. Модификация генетического алгоритма для комплексной топологической оптимизации ротора синхронных двигателей // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 3. С. 70–79.

УДК 621.355

ПРОЦЕСС ЗАРЯДА АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Павлов Даниил Владимирович[1], Сандаков Виталий Дмитриевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]lgfdkjd@mail.ru, [2]vitalysandakov@gmail.com

В статье рассмотрены основные процессы и способы заряда аккумуляторных батарей различного типа.

Ключевые слова: энергетика, аккумулятор, АКБ, питание, заряд.

BATTERY CHARGING PROCESS

Pavlov Daniil Vladimirovich[1], Sandakov Vitaly Dmitrievich[2]
[1,2]Kazan State Power University, Kazan
[1]lgfdkjd@mail.ru, [2]vitalysandakov@gmail.com

The article discusses the main processes and methods for charging batteries of various types.

Keywords: energy, battery, battery, power, charge.

Каждая аккумуляторная батарея в процессе эксплуатации требует заряда, как для восстановления энергии, так и в качестве профилактики. От заряда батареи непосредственно зависит его отдача.

Правильный процесс заряда во многом зависит от зарядного устройства. Самые дешевые зарядные устройства представляют из себя просто блок питания и, соответственно, заряжают АКБ весьма посредственно [1]. Более дорогие имеют, так называемые, алгоритмы заряда, которые помогают достичь наиболее правильного заряда аккумулятора. Основные характеристики, которые отличаются зарядные устройства – это мощность и токи зарядки. По конструкции зарядные устройства делятся на:

а) пуско-зарядные устройства – это те зарядные устройства, которые могут отдавать мгновенно большой кратковременный импульс большой мощности;

б) трансформаторные – устаревшая модель, которые перестали выпускать;

в) импульсные – ток поступает постепенно, т. е. поступает по мере уровня зарядки.

Правильность зарядки аккумулятора зависит от типа аккумулятора, так как у каждой аккумуляторной батареи свои признаки «заряженности». Рассмотрим их подробнее.

Свинцово-кислотные АКБ. Этот тип аккумуляторов неприхотлив в процессе зарядки. Единственный их недостаток – это долгое время заряда и выделение взрывоопасных веществ при зарядке [2].

Никель-кадмиевые АКБ. Самая главная особенность заключается в том, что этот тип не любит перезаряд. При перезаряде такого типа АКБ, кадмиевый электрод образует кислород – это приводит к понижению использования тока. Для более правильного заряда аккумулятора необходимо поймать момент начала падения напряжения – чем точнее будет отслежен этот момент, тем раньше будет остановлен процесс заряда, и, тем самым, качественнее заряжен аккумулятор и не будет допущен перезаряд [3]. Если необходимо получить от аккумулятора полную мощность, то следует заряжать его большими токами, а в случае, необходимости получения максимальной емкости, то малыми токами.

Литий-ионный АКБ. Также, как и никель-кадмиевый аккумулятор нельзя подвергать перезаряду. При перезаряде на катоде возникает активное выделения металлического лития, а на аноде начинает выделяться кислород – это приводит к увеличению температуры и давления внутри корпуса, что может привести к разгерметизации батареи [4]. Такой тип батарей следует заряжать напряжением 4–4,2 В. Если напряжение выходить за эти границы, то потенциальные свойства аккумулятора сокращаются.

Кроме того, существуют различные виды зарядки АКБ: автомат, ручная, регенерация, буферный режим. Автоматический режим – это режим, где зарядное устройство автоматически определяет напряжение и ток и меняют их, чтобы избежать различных проблем (недозаряд, вскипание электролита, перезаряд). Ручной режим – при этом режиме зарядки, пользователь должен самостоятельно проверять значения напряжения и тока. Регенерация – режим заряда, при котором происходит восстановление емкости аккумулятора, путем удаления осадков с пластин [5]. Для этого применяют специальные зарядки – автоматы с режимом десульфатации. Буферный режим – зарядные устройства с такой функцией способны определять токи утечки аккумулятора и поддерживать длительное время емкость. Этот режим отлично подходит для длительного хранения батареи в зимнее время или при редком использовании батареи.

Способ зарядки аккумулятора подразделяют на 2 основных вида:

зарядка при постоянном токе или при постоянном напряжении. У каждого из способов есть свои недостатки и достоинства. Зарядка постоянным напряжением – с помощью этого способа можно полностью зарядить АКБ, что является достоинством, но может возникнуть проблема с перегревом электролита и, как следствие его выкипание. Зарядка аккумулятора постоянным током – с помощью этого способа удается избежать проблему перегрева электролита, но зарядить батарею полностью не получится. Кроме того, этот способ значительно снижает емкость аккумулятора, и выделяет значительное количество газов. Также кроме основных способов зарядки, имеет место, комбинированный метод зарядки. Комбинированный метод подразумевает 2 этапа: 1 этап – зарядка при постоянном токе, далее, после того, как напряжение аккумулятора достигло своего номинального значения, включается режим зарядки при постоянном напряжении. Применение последнего метода – исключает все проблемы, связанные с первыми двумя.

Правильный подход к заряду аккумулятора может очень сильно повлиять на безопасность эксплуатации и продлить жизненный цикл батареи.

Источники

1. Система детектирования неисправности аккумулятора и способ детектирования неисправности аккумулятора для аккумуляторного блока: пат. 2570567 Рос. Федерация № 2014118193/07; заявл. 07.11.2012; опубл. 10.12.2015, Бюл. № 34.

2. Сердечный Д.В., Томашевский Ю.Б. Особенности эксплуатации накопителя энергии на базе многоэлементной литий-ионной аккумуляторной батареи // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19, № 9-10. С. 140–145.

3. Галушкин Д.Н., Галушкин Н.Е. Разряд щелочных аккумуляторов // Электрохимическая энергетика. 2007. Т. 7, № 2. С. 99–102.

4. Скундин А.М., Ефимов О.Н., Ярмоленко О.В. Современное состояние и перспективы развития исследований литиевых аккумуляторов // Успехи химии. 2012. Т. 71, № 4. С. 378–398.

5. Кашкаров А.П. Аккумуляторы: справочник. М.: РадиоСофт, 2014. 192 с.

УДК 621.311.001.1

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Прокопьев Максим Игоревич[1], Сагдеев Расим Рифкатович[2],
Муратаева Галия Амировна[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]maksimka-prokopev@bk.ru, [2]rasim.sagdeev@gmail.com, [3]esis00@mail.ru

Распределительная сеть значительно устарела и находится в плохом состоянии. Это приводит к частым поломкам или отказам, отключениям и длительным отключениям, что влияет на большое количество потребителей и требует больше таких ресурсов, как рабочая сила, материалы и транспорт для проведения ремонтных работ. В данной статье приведены подходы к решению возникшей задачи в сфере электроэнергетики, рассмотрены возможные последствия после их внедрения.

Ключевые слова: распределительное устройство, низкое напряжение, считывание показателей счетчиков, передовая измерительная инфраструктура.

AUTOMATIC CONTROL OF ELECTRIC POWER SYSTEMS

Prokopev Maksim Igorevich[1], Sagdeev Rasim Rifkatovich[2],
Murataeva Galiya Amirovna[3]
[1,2,3]Kazan State Power University, Kazan
[1]maksimka-prokopev@bk.ru, [2]rasim.sagdeev@gmail.com, [3]esis00@mail.ru

The inserted distribution network is outdated and in poor condition. This leads to frequent breakdowns or crashes, crashes, and long-term crashes, affecting a large number of users and requiring more resources such as manpower, materials, and transportation to carry out repairs. This article presents approaches to solving the main problem in the field of energy and considers the possible consequences after their implementation.

Keywords: switchgear, low voltage, meter reading, advanced metering infrastructure.

Ухудшенное состояние сети низкого напряжения (НН) 400/230В, вероятно, приведет к увеличению количества отказов сети НН. отказов в сетях низкого напряжения. Дисбаланс нагрузки в низковольтной сети приводит к высоким техническим потерям от 25 до 35 % энергии, поступающей в сеть низкого напряжения от трансформатора, что может способствовать от 5 до 15 % от общих технических потерь распределительной системы[1]. Кроме того, отсутствие защиты и плохое состояние линий среднего и низкого напряжения представляет угрозу для общественной безопасности. Отсутствие счетчиков в домах также приводит

к перепотреблению и потерям в системе. Домашние хозяйства без счетчиков также прибегают к незаконной врезке в линии, что приводит к перегрузке системы распределения электроэнергии, а иногда к поражению электрическим током, ожогам и даже летальному исходу [2].

Подходы к решению данной проблемы:

1. Установка SMART-счетчиков. В настоящее время насчитывается около 50 000 подключений к системе обслуживания без счетчиков. SMART-счетчики, установленные на разных уровнях, т. е. распределительных трансформаторах и у потребителей, помогут управляющим компаниям улучшить выставление счетов и сбор доходов [3].

Счетчики с предварительной оплатой устанавливаются в домах. Автоматизированное считывание показаний счетчиков (AMR от англ. *Advanced Meter Reading*) и передовая измерительная инфраструктура (AMI от англ. *Advanced Metering Infrastructure*) – это технология автоматического сбора данных о потреблении, диагностике и состоянии счетчиков энергии с заданной периодичностью и передачи этих данных в центральную базу данных для выставления счетов, устранения неполадок и аналитических целей [4].

2. Модернизация распределительной сети. Модернизация распределительной сети включает в себя замену поврежденных компонентов сети:

– столбы, проводники, соединители;

– распределительные устройства;

– предохранители и защитные устройств;

– перегруженные распределительные трансформаторы;

– низковольтные распределительные устройства [5].

Он также включает в себя повторное натяжение проводников, выпрямление наклонившихся столбов и замену поврежденных компонентов трансформатора. При необходимости, проводники перегруженных сетей среднего и низкого напряжения должны быть заменены на проводники соответствующего размера для снижения технических потерь в распределительных линиях. Также можно организовать восстановление линий и трансформаторных установок, защитные распределительные устройства, чтобы обеспечить снижение угрозы безопасности для населения.

3. Внедрение информационной системы управления документами. Система управления документами (DMS от англ. document management system) представляет собой тесно интегрированный набор программных приложений для помощи в эффективной и надежной работе распределительной сети. Программное обеспечение действует как система поддержки

принятия решений, помогающая операторам диспетчерских пунктов и оперативному персоналу на местах осуществлять мониторинг управления распределительной системой.

4. Реконструкция распределительного склада. Физические улучшения будут включать строительство безопасных зон для хранения материалов и временное хранение старых счетчиков, трансформаторов и другого поврежденного оборудования. Складские помещения будут оборудованы линованным полом, кровлей, маслохранилищем для старого трансформатора, системой противопожарной защиты и системой безопасности [6].

Источники

1. Автоматизированное рабочее место диспетчера электрических сетей / С.В. Головко [и др.] // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2019. № 1 (67). С. 23–29.

2. Мозохин А.Е., Шведенко В.Н. Анализ направлений развития цифровизации отечественных и зарубежных энергетических систем // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2019. Т. 19, № 4. С. 657–672.

3. Кощеев Л.А. Об использовании цифровых технологий в электроэнергетике // Известия НТЦ Единой энергетической системы. 2019. Т. 1, № 80. С. 47–56.

4. Агеев А.И., Грабчак Е.П., Логинов Е.Л. Smart-коллапс в цифровой энергетике будущего: угрозы глобального обрушения информационных систем управления в условиях возможной самоорганизованной информационной блокады // Энергетик. 2020. № 6. С. 10–14.

5. Воропай Н.И. Направления и проблемы трансформации электроэнергетических систем // Электричество. 2020. № 7. С. 12–21.

6. Веселов Ф.В., Соляник А.И. Условия развития электроэнергетики России в рамках жестких ценовых ограничений в среднесрочной перспективе // Проблемы прогнозирования. 2020. № 1 (178). С. 88–98.

7. Воркунов О.В., Галимова Г.Ф. Надежность автоматизированных систем коммерческого учета электроэнергии // Современные тенденции развития науки и мирового сообщества в эпоху цифровизации: сб. матер. VII Междунар. науч.-практ. конф. / редкол.: З.Ш. Бабаева [и др.]. М., 2022. С. 191–194.

8. Савенко А.Е., Савенко П.С. Использование и совершенствование автоматических систем для управления рассредоточенными источниками электроэнергии в локальных электрических системах // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 4. С. 105–115.

УДК 621.313.

ГИБРИДНЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС НА ОСНОВЕ ВИЭ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ РЕГИОНОВ СЕВЕРА

Рамазанова Регина Ильдаровна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
reginaramazanova2777@gmail.com

В тезисе мы рассматриваем перспективные пути решения электроснабжения регионов севера Российской Федерации с учетом их территориальной удаленности, износа основного оборудования, неразвитой транспортной инфраструктуры, влияние экономики и сурового климата. А также проведен анализ использования возобновляемых источников энергии как альтернативы традиционной энергетике.

Ключевые слова: развитие электроэнергетики, возобновляемые источники энергии, электроснабжение, дизельные электростанции, энергетические сети.

HYBRID ENERGY COMPLEX BASED ON RENEWABLE ENERGY SOURCES FOR THE DEVELOPMENT OF ELECTRICITY SUPPLY IN THE REGIONS OF THE NORTH

Ramazanova Regina Ildarovna
Kazan State Power University, Kazan
reginaramazanova2777@gmail.com

In the article, we consider promising ways to solve the power supply of the regions of the north of the Russian Federation, taking into account their territorial remoteness, wear of basic equipment, undeveloped transport infrastructure, the impact of the economy and harsh climate. The analysis of the use of renewable energy sources as an alternative to traditional energy was also carried out.

Keywords: development of the electric power industry, renewable energy sources, electricity supply, diesel power plants, energy networks.

Северные территории играют ключевую роль в национальной экономике РФ. Для них характерна низкая плотность населения и небольшие поселения, слабые транспортные и энергетические связи, разделенные большими расстояниями. Основными видами экономической деятельности являются топливодобывающая промышленность [1].

Энергоснабжение удаленных районов характеризуется как высоко затратное и технологически отсталое. Электроснабжение осуществляется либо централизованно, либо от автономных дизельных электростанций. Территориальная удаленность и сезонность доставки приводят к кратному

удорожанию привозного топлива. В работе применяются устаревшие энергетические установки, не отвечающие современным требованиям. Электрические системы сильно изношены. Из-за постоянно возрастающей цены на топливо и эксплуатации устаревшего оборудования стоимость электроэнергии возрастает [2, 3].

Потенциал использования возобновляемых источников энергии как дополнительное электроснабжение зависит от конкретного региона. Учитываются следующие ограничения: наличие заповедных зон; обоснование экономической эффективности; особенности в техническом исполнении (инфраструктура).

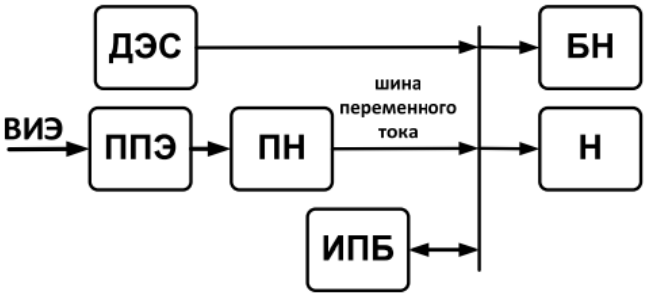
Мы рассмотрим Ненецкий автономный округ, где более 90 % его территории находится за полярным кругом. Здесь преобладает добывающая промышленность. Данный округ является самым малонаселенным субъектом РФ. Энергоснабжение децентрализовано и обеспечивается, в основном, за счет дизельных электростанций. Топливо поставляется речным транспортом или временными дорогами в зависимости от сезона.

Тяжелые климатические условия, низкое развитие инфраструктуры, децентрализованная система электроснабжения, труднодоступность территорий и экологические загрязнения привели к тому, что полезный отпуск электроэнергии падает. Для развития энергетического комплекса округа необходима модернизация. Автономный округ, с относительно высокой среднегодовой скоростью ветра более 5 м/с (более 40–50 % времени в году 8–10 м/с) является перспективным для развития ветрогенерации [4].

Сочетание дизельных электростанций с применением ветроустановок поможет надежно обеспечить электроснабжение децентрализованных регионов Севера. Благодаря выработке электроэнергии за счет энергии ветра мы сможем значительно снизить время работы дизельной электростанции, а значит увеличим срок эксплуатации ДЭС и будем тратить гораздо меньше топлива.

Обобщенная система представлена на рисунке: ДЭС – дизельная электростанция; ППЭ – преобразователь первичного энергоресурса; ПН – преобразователь напряжения; ИПБ – источник бесперебойного питания; Н – нагрузка; БН – балластная нагрузка.

В данном комплексе может рассматриваться раздельная работа энергоисточников в зависимости от погодных условий или параллельная работа в конкретных ситуациях [5].



Гибридный энергетический комплекс

Таким образом, без технологического и современного развития энергосистем северных районов РФ и без внедрения малой электрогенерации, освоение экономического потенциала Севера и создание комфортных условий для жизни невозможна.

Источники

1. Савенко А.Е., Савенко П.С. Использование и совершенствование автоматических систем для управления рассредоточенными источниками электроэнергии в локальных электрических системах // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 4. С. 105–115.

2. Чиркова И.Г., Бережной К.М. Анализ занятости в энергетическом секторе экономики региона // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 2 (54). С. 134–141.

3. Исследование устойчивости электротехнических комплексов с ветродизельными электростанциями / Е.Н. Соснина [и др.] // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева. 2015. № 1 (108). С. 203–208.

4. Лукутин Б.В., Муравлев И.О., Плотников И.А. Системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями: учеб. пособие. Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та, 2015. 128 с.

5. Возобновляемые источники энергии [Электронный ресурс]. URL: http://russiagogreen.ru (дата обращения: 06.11.2022).

УДК 661.96

СРАВНЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ОТ КОНЦЕНТРАЦИИ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ В НЕКОТОРЫХ СОЕДИНЕНИЯХ

Сабитов Шамиль Камильевич
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
larrypoistone@gmail.com

Будущее теплоэнергетики основано на поиске и разработке новых источников топлива, одним из потенциальных источников, является водород. В данный момент, перспективнейшим способом его получения является электролиз. Целью данной работы является изучение некоторых жидкостей и тому, как они способствую протеканию реакции электролиза, путем получения их электропроводности и её зависимости от концентрации вещества.

Ключевые слова: функциональные зависимости , электролиз, электролизер, электропроводность.

COMPARISON OF THE DEPENDENCE OF ELECTRICAL CONDUCTIVITY ON THE CONCENTRATION OF AQUERUS SOLUTIONS IN SOME CONPOUNDS

Sabitov Shamil Kamilevich
Kazan State Power University, Kazan
larrypoistone@gmail.com

The future of thermal power engineering is based on the search and development of new sources of fuel, one of the potential sources is hydrogen. At the moment, the most promising way to obtain it is electrolysis. The purpose of this work is to study some liquids and how they contribute to the electrolysis reaction by obtaining their electrical conductivity and its dependence on the concentration of a substance.

Key words: functional dependencies, electrolysis, electrolyzer, electrical conductivity.

Введение. Электролизер это устройство, которое разделяет воду на водород и кислород. Вода в чистом виде, долго вступает в реакцию электролиза, для ускорения реакции используется раствор электролита. Электрический ток в электролитах сопровождается явлением электролиза – выделением на электродах составных частей растворенных веществ или других веществ, являющихся результатом вторичных реакций на электродах.

В описанном ниже опыте, будет проведен эксперимент, целью которого ставится изучить электропроводность и её зависимость от концентрации водных растворов, в некоторых соединениях, это необходимо, чтобы в дальнейшем было удобнее проводить эксперименты, в которых неотъемлемой составляющей является меняющийся объем испытуемой жидкости.

Основная часть. Электропроводность веществ можно испытать с помощью прибора. Между электродами прибора – напряжение 36 вольт. Когда электроды помещают в вещество, становится ясно, проводит ли это вещество ток. Прибором (рис. 1) является установка для испытания веществ на электропроводность, а также подключенный к ней амперметр, с его помощью, будет проведено измерение силы тока и последующее нахождение электропроводности веществ [1]. Вместе с этим, будут использоваться химические стаканы, для помещения в них испытуемой жидкости.

Рис. 1. Прибор для испытания веществ на электропроводность

Для явления электролиза справедливы следующие формулы.

Первый закон Фарадея: масса M вещества, выделившегося на электродах, прямо пропорциональна электрическому заряду Q, прошедшему через электролит. Электрический заряд можно представить в виде произведения силы тока I, времени, и электрохимическому эквиваленту k [2]:

$$M = k \times I \times t. \quad (1)$$

Эквивалентная электропроводность рассчитывается:

$$E = 1 \div (U \div I), \quad (2)$$

где U – напряжение; I – сила тока.

Проведя эксперимент, в котором химические стаканы поочередно наполняются растворами с разной концентрацией веществ, а затем проведя математические вычисления полученных данных, получим ниже стоящую графическую зависимость.

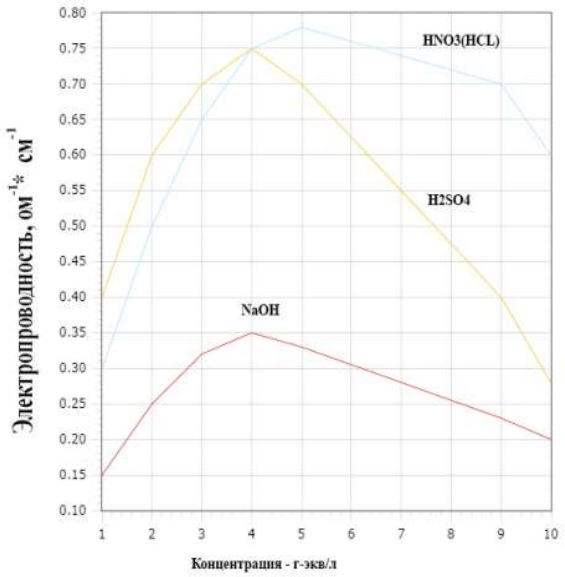


Рис. 2. Зависимость электропроводности от концентрации веществ

Выводы. В итоге, в ходе работы была получена зависимость в виде графика (рис. 2). Исследуя его можно вывести соотношения, которые применимы для экспериментов электролиза с различным количеством испытуемого материала. Актуальность исследований электролиза, может быть обоснована современными проблемами энергетики [3].

Источники

1. Первухин Б.С., Юшкова В.Б. Модернизация метода измерения удельной электропроводности жидкостей, воды и химических раство-ров [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/modernizatsiya-metoda-izmereniya-udelnoy-elektroprovodnosti-zhidkostey-vody-i-himicheskih-rastvorov/viewer (дата обращения: 06.10.2022).

2. Изьюрова А.А., Овчинкин И.П. Обеззараживание воды электро-лизом [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/obezzarazhivanie-vody-elektrolizom (дата обращения: 06.10.2022).

3. Перспективы развития водородной энергетики в Татарстане / А.А. Филимонова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проб-лемы энергетики. 2020. Т. 22, № 6. С. 79–91.

УДК 621.31

ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОСЕТЕЙ В СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Сагитов Артур Русланович[1], Гарифуллин Марсель Шарифьянович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2]zzz2208@mail.ru

В работе анализируются проблемы оптимизации и управления электроэнергетическими системами, и предлагаются перспективные направления повышения эффективности работы энергосистем с помощью моделирования, основанного на применении искусственных нейронных сетей.

Ключевые слова: энергосистема, ЭСС, оптимизация, моделирование, нейросети.

THE PROSPECTS FOR THE APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN TODAY'S ELECTRIC POWER INDUSTRY

Sagitov Artur Ruslanovich[1], Garifullin Marsel Sharifyanovich[2]
[1,2]Kazan State Power University, Kazan
[1,2]zzz2208@mail.ru

The paper analyzes the problems of optimization and control of electric power systems, and offers promising directions for improving the efficiency of power systems through modeling based on the use of artificial neural networks.

Keywords: power system, EPS, optimization, modeling, neural networks.

В настоящее время электроэнергетическая отрасль является критически важным сектором экономики любого государства. Ключевая задача современной электроэнергетики – надежное, качественное и бесперебойное снабжение потребителей электрической энергией [1]. Одним из актуальных путей решения данной задачи можно назвать оптимизацию функционирования энергосистем, а также повышение эффективности управления их режимами работы [2]. Сегодня, с развитием компьютерно-вычислительных программ и аппаратуры становится возможным моделирование энергосистем, открывающее возможность эффективного регулирования их режимов путем выбора тех или иных оптимальных опций. Явным и важнейшим примером такого рода структурной и параметрической оптимизации является снижение потерь электрической энергии.

Однако исследователи отмечают, что существующие и применяющиеся методы, средства, модели и инструменты оптимизации не могут в полной мере отразить реальные и действительные условия эксплуатации энергосистем. Такое положение дел вызвано наличием проблем случайных параметров задействованных функций ограничения, возникающих в процессе разработки моделей, которые должны быть максимально приближены к условиям и требованиям эксплуатации реальных электроэнергетических объектов, что сегодня обуславливает необходимость внедрения и применения новых, передовых и инновационных подходов решения обозначенной задачи [3].

В качестве наиболее актуального метода устранения упомянутой проблемы предлагается использовать нейросетевые подходы, среди которых особое распространение получили искусственные нейросети, позволяющие реализовывать не только поэтапное моделирование режимов энергосистем, но и управлять полученными моделями для достижения целей повышения эффективности эксплуатации электроэнергетических объектов. Поскольку обучаемые и самообучаемые нейросети в последнее десятилетие отлично зарекомендовали себя в различных научных направлениях, ожидается, что их применение может существенно облегчить решение перспективных задач энергетики (см. рисунок) [4].

Направления применения нейросетей в электроэнергетике

Существенную пользу нейросети могут привнести в электроэнергетическую отрасль при реализации ими краткосрочного прогнозирования нагрузки ЭЭС, где применение классических методов по сей день весьма трудоемко и времязатратно. Преимущества нейросетей здесь заключаются в том, что с помощью их использования процесс сбора и обработки соответствующей информации возможен напрямую из системы, без временных ограничений и учитывая многие параметры, которые не состоят между собой в прямой функциональной связи.

Искусственные нейронные сети также полезны в сфере диагностики и локализации аварийных неисправностей, где их алгоритмы, определив причины перехода в аварийный режим и учтя ошибки ступеней защит, в нужный момент способны активировать соответствующие системы поддержки принятия решений, функционирующие в реальном времени. Что касается рационального распределения нагрузки, то здесь традиционные методы оптимизации, такие как метод динамического программирования и метод Лагранжа, полезны лишь на начальном этапе расчетов и теряют универсальность с возрастанием объемов данных, которые необходимо обработать. В качестве решения данной проблемы предлагается применять нейросеть Хопфилда, позволяющую справляться с комбинационными задачами распределения электрической энергии [4].

Перспективность применения нейросетей в оценке надежности работы ЭЭС и в задачах повышения их динамической устойчивости пока не подтверждена на практике, но активно исследуется учеными [5].

Источники

1. Шарыгин М.В. Разработка универсальной системы показателей надежности электроснабжения потребителей для практического использования // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2015. № 5-6. С. 16–25.

2. Обоскалов В.П., Валиев Р.Т., Гусев С.А. Сравнительная эффективность методов расчета показателей балансовой надежности энергосистем // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2016. № 9-10. С. 119–125.

3. Хренников А.Ю., Хренников А.Ю., Любарский Ю.Я. Принципы построения систем искусственного интеллекта и их применение в электроэнергетике // Энергетик. 2022. № 3. С. 22–30.

4. Ковзан А.А. Оценка использования нейронных сетей в электроэнергетике // Актуальные проблемы энергетики. 2021. № 2. С. 105–107.

5. An artificial neural network-based forecasting model of energy-related time series for electrical grid management / Di Piazza A. [et al.] // Mathematics and Computers in Simulation. 2021. № 3. Pp. 294–305.

УДК 621-313.3

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА И ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SCADA-ТЕХНОЛОГИЙ И ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Соловьев Роман Алексеевич[1], Гарифуллин Марсель Шарифьянович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
romansoloo@mail.ru

Рассмотрено создание метода контроля состояния в эксплуатации газотурбинных двигателей и газотурбинных установок на их основе, а также способ автоматизации процесса испытаний и отладки изделий для повышения эффективности параметрической диагностики промышленных газотурбинных установок на базе авиационных ГТД на основе разработки автоматизированной системы диагностики и контроля испытаний. Обобщены результаты эксплуатации промышленных ГТУ и выявлены закономерности и взаимосвязи отказов с режимами эксплуатации и дефектами.

Ключевые слова: авиационные двигатели; параметрическая диагностика; автоматизация испытаний; SCADA-система; цифровой двойник.

PARAMETRIC DIAGNOSTICS AND ASSESSMENT OF THE CONDITION OF GAS TURBINE POWER PLANTS USING SCADA TECHNOLOGIES AND SIMULATION MODELING

Soloveov Roman Alekseevich
[1,2]Kazan State Power University, Kazan
romansoloo@mail.ru

The creation of a method for monitoring the condition in operation of gas turbine engines and gas turbine installations based on them, as well as a method for automating the process of testing and debugging products to improve the efficiency of parametric diagnostics of industrial gas turbine installations based on aviation gas turbine engines based on the development of an automated diagnostic and test control system, is considered. The results of the operation of industrial GTU are summarized and the patterns and relationships of failures with operating modes and defects are revealed.

Keywords: aircraft engines; parametric diagnostics; test automation; SCADA system; digital twin.

В последнее десятилетие, особенно в последние 4–5 лет, в связи с реализацией государственной политики в области информационных технологий в различных отраслях народного хозяйства в рамках

национальной программы «Цифровая экономика РФ» новый толчок получило развитие информационных технологий в области авиационного двигателестроения. В создании новых продуктов все активнее внедряются автоматизированные системы проектирования, производства, диагностики газотурбинных двигателей (ГТД). Одним из перспективных подходов с учетом сложившейся в отрасли ситуации, а также с учетом опыта зарубежных стран в области создания высокотехнологичной наукоемкой продукции является подход на базе цифровых двойников изделий. Концепция цифрового двойника предполагает создание представления системы из двух систем, взаимодействующих друг с другом: физической системы и виртуальной, включающей всю информацию о физической системе. Ключевым моментом является постоянное взаимодействие этих систем через обратную связь (обмен информацией), что позволяет отображать состояние в реальном времени состояние физической системы в виртуальной и наоборот.

Такой подход в области двигателестроения открывает широкий спектр возможностей его применения, начиная с этапа проектирования изделия и заканчивая его утилизацией, охватывая весь жизненный цикл. Согласно существующей концепции создания сложной наукоемкой продукции, к которой относится в том числе и ГТД, наибольший интерес представляет создание цифрового двойника на этапах, требующих наибольшего интеллектуального потенциала – этапах проектирования и доводки ГТД, а в процессе эксплуатации – диагностики неисправности в узлах ГТД. Причем особенный интерес представляет прогнозирование возникновения неисправностей либо отказов ГТД до их проявления на физическом объекте. Именно такую задачу и призван решить цифровой двойник в глобальном аспекте своего существования. Суть современных параметрических систем диагностики, как правило, сводится к определению выхода какого-либо параметра ГТД или газотурбинной установки (ГТУ) за допустимые границы (уставки) [5]. При этом задача прогнозирования развития отклонения параметра внутри допустимого диапазона не рассматривается.

В работе А.В. Суханова и Д.А. Ахметзянова предлагается подход, основанный на использовании математических моделей, получающих информацию в режиме реального времени из системы. Реализация подобного подхода возможна при интеграции системы имитационного моделирования (поэлементная динамическая модель) ГТД со SCADA-системой [1, 3].

Структурно разработанная А. В. Сухановым и Д. А. Ахметзяновым методика определения состояния ГТД и ГТУ на их основе (см. рисунок) содержит в своем составе 10 взаимосвязанных этапов, позволяющих структурировать информацию, полученную от объекта испытаний и получить рекомендации по устранению причин отказа или дефекта.

Методика диагностирования газотурбинных установок на. базе SCADA-технологий и имита.ционного моделирования

В общем случае действия по определению причины отказа или отклонения выполняются в следующей этапности.

Этап 1. Информация от первичных преобразователей, установленных на реальном физическом объекте, поступает в SCADA-систему, где формируется первичный массив данных параметров объекта испытаний или объекта в эксплуатации.

Этап 2. Данные первичного массива данных параметров объекта структурируются и записываются SCADA-системой для дальнейшей обработки в файл-посредник, предназначенный для передачи массива данных в систему имитационного моделирования.

Этап 3. Реконфигурация данных в соответствии с топологией системы имитационного моделирования.

Этап 4. Получение системой имитационного моделирования параметров физического объекта из файла-посредника и формирование математической модели объекта по полученным данным.

Этап 5. Расчет и идентификация математической модели, определение реальных фактических значений характеристик узлов по термодинамическим параметрам, полученным в процессе работы изделия.

Этап 6. Формирование массива отклонений параметров объекта по расчетным характеристикам (отклонениям реальных параметров от заданных диапазонов).

Этап 7. Формирование комплексов отклонений параметров объекта испытаний, влияющих на состояние объекта испытаний в соответствии с конфигурацией базы данных экспертной системы программного комплекса DIAGNOST-TREND.

Этап 8. Сравнение показателей комплексов отклонений с комплексами отклонений базы данных экспертной системы, сопоставление и оценка возможности проявления дефекта в зависимости от количества совпадений во влияющих комплексах.

Этап 9. Выявление экспертной системой программного комплекса DIAGNOST-TREND вероятных причин отказа или дефекта и ранжирование причин в зависимости от количества совпадений диагностических признаков в базе данных экспертной системы.

Этап 10. Выдача рекомендаций по регулированию или выполнению регламентных действий в зависимости от выявленной причины дефекта или отказа.

Таким образом, рассмотренные этапы полностью охватывают спектр мероприятий по получению данных об объекте испытаний, их интерпретацию, формирование имитационной модели, ее идентификации. После идентификации имитационной модели происходит выделение характерных параметров и рассчитываются отклонения, которые сверяются с отклонениями, заданными в руководящей документации. При превышении отклонениями параметров допустимых пределов (на заданную величину) формируется комплекс «дефектных» параметров, который сравнивается с комплексом параметров, характеризующих конкретный дефект, который находится в базе данных. При полном соответствии выдается заключение о наличии конкретного вида дефекта в конкретном узле двигателя. При неполном соответствии выдается перечень дефектов с оценкой вероятности появления дефекта в конкретном узле.

Источники

1. Автоматизация процесса испытания авиационных ГТД на базе SCADA-системы LabView / И.А. Кривошеев [и др.] // Вестник УГАТУ. 2009. Т. 13, № 2 (35). С. 61–69.

2. Кривошеев И.А., Суханов А.В. Разработка комплексной автоматизированной системы диагностики ГТД на базе SCADA-технологий и имитационного моделирования // Вестник УГАТУ. 2014. Т. 18, № 2 (63). С. 134–141.

3. Ахмед Х.С.А. Контроль технического состояния авиационного газотурбинного двигателя в эксплуатации: дис. ... канд. техн. наук. Казань, 2021. 221 с.

4. Ахмедзянов А.М., Дубравский Н.Г., Тунаков А.П. Диагностика состояния ВРД по термогазодинамическим параметрам. М.: Машиностроение, 1983. 206 с.

5. Григорьев В.А., Гишваров А.С. Испытания авиационных двигателей. М.: Машиностроение, 2009. 504 с.

УДК 621.316

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К РЕКОНСТРУКЦИИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Третьякова Екатерина Владиславовна[1], Маклецов Александр Михайлович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2]jaqmevans@gmail.com

В тезисе предложено решение проблем возникающих при реконструкции распределительных устройств и дальнейшей их эксплуатации. Основная задача которого является повышение надежности эксплуатации оборудования, минимизация рисков недоработки электрической энергии и невыполнение заданий по рабочей мощности станции в результате отказа элементов РУ.

Ключевые слова: распределительные устройства, надежность, электрооборудование, услуги, затраты, оптимизация

MODERN APPROACHES TO SWITCHGEAR RECONSTRUCTION

Tretyakova Ekaterina Vladislavovna[1], Makletsov Alexander Mikhailovich[2]
[1,2]Kazan State Power University, Kazan
[1,2]jaqmevans@gmail.com

The thesis proposes a solution to the problems arising during the reconstruction of switchgears and their further operation. The main task of which is to increase the reliability of the equipment operation, minimize the risks of electrical energy underperformance and failure to fulfill the tasks for the power plant as a result of the failure of the RP elements.

Keywords: switchgears, reliability, electrical equipment, services, costs, optimization

В целях обеспечения надежной и непрерывной работоспособности [1] распределительных устройств (далее – РУ), служащих для приёма и распределения электроэнергии, необходимо решить проблемы современной оптимизации оборудования.

Проблемы, возникающие у современных предприятий при оптимизации и дальнейшей эксплуатации оптимизированного оборудования электроэнергии [2], являются:

1) неверная организация работ при обслуживании РУ;

2) неверное распределение работ между контрагентами по типу работ.

Современная организация работ должна принимать во внимание знания о специфике ремонта и технического обслуживания, проводимыми в будущем периоде [3]. Зачастую административным персоналом предприятий допускаются ошибки в распределении работ, например в работы

по техническому обслуживанию или реконструкции ОРУ включаются клининговые работы, не требующие группы допуска по электробезопасности [4]. В связи с этим возникает возможность за двоения работ (учтены в другом договоре), возникновение несчастных случаев при привлечении низкоквалифицированного персонала, а также замечания со стороны проверяющих государственных органов.

Одним из современных решений реконструкции распределительных устройств [5], заключается в необходимости оптимизированного подхода к распределению вида и типа необходимых работ, с учетом предыдущего опыта в эксплуатации оборудования. Необходимо разработать и внедрить порядок работы, утвердить единую Методику и нормативную документацию по отнесению вида услуг/работ. Методика обеспечивает единый подход всех подразделений предприятия и исключает возможность возникновения увеличения рисков лишних расходов, несчастных случаев на производственном объекте.

Организация подготовки документации должна сопровождаться заблаговременно до начала строительства и последующей эксплуатации.

Источники

1. Чичерюкин В.Н., Малахов Н.О. Электрические станции и подстанции. М.: Московский политехнический университет, 2020. 140 с.

2. Электрические станции и подстанции: практикум / В.А. Ярош [и др.]. М.; Берлин: Директ-Медиа, 2019. 78 с.

3. Анчарова Т.В., Рашевская М.А., Стебунова Е.Д. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений: учеб. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2023. 415 с.

4. Максимов В.В., Валееви И.М., Макаров В.Г. Приоритетность включения электросетевого оборудования подстанций в программу технического обслуживания и ремонта межрегиональной распределительной сетевой компании: моногр. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2021. 92 с.

5. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Брежнев И.В. Исследование проблем качества электроэнергии в сетях напряжением 0,4 кВ // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 2. С. 73–85.

УДК 681.5

SCADA TRACE MODE В СИСТЕМЕ УЧЁТА ЭНЕРГОНОСИТЕЛЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ КАЗАНИ

Фаизов Нарис Наилович
ФБГОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
naris.faizov@yandex.ru

Автоматизация и контроль электроэнергии занимает важное в место на предприятиях электросетевого комплекса (например, крупные тепловые электрические станции и компании). В данном тезисе рассмотрена высокотехнологичная российская программная система для автоматизации технологических процессов (АСУ ТП), диспетчеризации, телемеханики, учета ресурсов - SCADA TRACE MODE, активно использующаяся в предприятиях города Казани.

Ключевые слова: автоматизация, контроль, электроэнергия, потеря, электросетевой комплекс.

SCADA TRACE MODE IN THE ENERGY ACCOUNTING SYSTEM IN KAZAN

Faizov Naris Nailovich
Kazan State Power University, Kazan
naris.faizov@yandex.ru

Automation and control of electricity occupies an important place in the enterprises of the power grid complex (for example, large thermal power plants and companies). This thesis considers a high-tech Russian software system for automating technological processes (APCS), dispatching, telemechanics, resource accounting - SCADA TRACE MODE, which is actively used in the enterprises of the city of Kazan.

Keywords: automation, control, electricity, loss, power grid complex.

В современное время каждое предприятие старается перейти к автоматическому режиму работы всей системы. Этот переход обусловлен ввиду появления нового оборудования и высоким темпам развития электроэнергетики [1].

В Казани, как и по всему Татарстану имеется большое количество энергетических компаний и электрических станций. Рассмотрим тепловую электрическую станцию – ТЭЦ 2 и одну из крупнейших энергосистем страны и республики – АО «Татэнерго».

ТЭЦ 2 «Горки» входит в состав Казанской ТЭЦ-1, являющейся важнейшим источником тепловой энергии для центра и юга города Казани. Новая ТЭЦ 2 «Горки» была построена в рамках программы повышения

энергоэффективности. Система автоматической системы управления технологическим процессом (АСУ ТП) построена на базе SCADA TRACE MODE 6.10.2, служащая для мониторинга, контроля и анализа параметров установки станции. С помощью исполнительных модулей TRACE MODE проект АСУ запускается на исполнение в реальном времени [2]. Данная среда позволяет создавать проект сразу для множества действующих модулей – узлов проекта. Основной экран системы АСУ ТП диспетчеризации в SCADA TRACE MODE содержит основные механические, тепловые и электрические параметры газопоршневой генераторной установки, а также кнопки управления началом и остановкой технологического процесса. Технология позволяет перейти на пять дополнительных экранов, содержащих детальную информацию об отдельных системах станции, тренды технологических параметров, журнал просмотра событий [3].

Распределенная система управления (РСУ) – это самая надежная архитектура АСУ на базе TRACE MODE, при которой поступающая информация с датчиков и приборов многократно повторяется на каждом из узлов системы. Таким образом, система сохраняет рабочий режим вплоть до отключения последнего устройства и персонального компьютера. РСУ на базе TRACE MODE предназначены для высоконадежных и крупных АСУ ТП, где стоимость не имеет большого значения. Она позволяет исполнять следующие действия: оперативный и круглосуточный сбор данных с большого числа логических контроллеров, обеспечение сохранение и копирования серверов, визуализация информации реального времени, мониторинг и управление предупредительными сообщениями [4].

Помимо ТЭЦ 2, АО «Татэнерго» также использует SCADA TRACE MODE в системе коммерческого учета энергоносителей. Информация с помощью серверов выдается в виде графиков и сводок коммерческого учета на экраны персональных компьютеров, структура корпоративной системы учета энергоносителей представляется в треугольной форме (снизу-наверх), с нижнего уровня данные о физических параметрах (расход, температура, давление). Компания добилась значительных экономий материальных средств на разработку благодаря применению и эксплуатации системы TRACE MODE [5].

Приведенная в тезисе система удобна и проста в эксплуатации, ее конструкция позволяет решать масштабные задачи по автоматизации и контролю на энергетических предприятиях всей Республики Татарстан и города Казани.

Источники

1. Макаров И.Н., Макаров О.А. Эффективность рынка электроэнергетики как фактор экономического развития России // Российское предпринимательство. 2015. Т. 16. С. 2651–2662.

2. SCADA TRACE MODE в АСУ ТП газопоршневой электростанции 1 МВт АО Татэнерго [Электронный ресурс]. URL: http://www.adastra.ru/apps/news/tec_gorki/ (дата обращения: 07.10.2022).

3. Мезенцев А.А., Павлов В.М. САПР TRACE MODE 6: учеб.-метод. пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. С. 20–28.

4. Максимова Е.А., Грицюк С.Н. Использование SCADA-технологий в современных автоматизированных системах управления // Молодой учёный. 2022. № 22. С. 45–48.

5. SCADA TRACE MODE в ОАО Татэнерго (Казань) [Электронный ресурс]. URL: http://www.adastra.ru/apps/news/scada_tracemode_askue_kazan/ (дата обращения: 07.10.2022).

УДК 681.5

КОНТРОЛЬ И УЧЁТ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСТАНЦИОННОГО ЭЛЕКТРОСЧЁТЧИКА

Фаизов Нарис Наилович
ФБГОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
naris.faizov@yandex.ru

Контроль за электроэнергией остается развивающейся технологией в современное время. Благодаря развитию автоматизации и микроконтроллеров можно получить множество положительных аспектов от введения дистанционных электросчётчиков. В данном тезисе представлена система дистанционного электросчетчика и перечислены ее достоинства

Ключевые слова: автоматизация, контроль, электроэнергия, потеря, дистанционный электросчётчик.

CONTROL AND ACCOUNTING OF ELECTRICITY WITH THE USE OF A REMOTE ELECTRICITY METER

Faizov Naris Nailovich
Kazan State Power University, Kazan
naris.faizov@yandex.ru

Power control remains an evolving technology in modern times. Thanks to the development of automation and microcontrollers, many positive effects can be obtained from the introduction of remote electricity meters. This thesis presents a remote electric meter system and listed its advantages.

Keywords: automation, control, electricity, loss, remote electricity meter.

Вопросы, касаемые потребления электроэнергии и потерь остаются актуальными в наши дни между потребителем и организациями, предоставляющими электроснабжение. Создается множество технологий, позволяющих решить эту проблему и осуществить переход контроля и автоматизации на более высокий уровень [1].

Одной из таких технологий является система электросчётчика с дистанционным снятием показаний. Она является удобной для каждого потребителя. Главным плюсом системы является, то, что снятие и передача показаний электричества передаются в автоматическом режиме, без вмешательства ручного труда. Также это является большим преимуществом для электросетевых организаций по причинам, связанным с экономией времени и ресурсов [2, 3].

Назначение дистанционных электросчетчиков связывают с передачей показаний, благодаря локальной сети с использованием программного обеспечения, которое обеспечивает сбор необходимой информации по потреблению электроэнергии. Чем лучше и качественнее программное обеспечение, тем больше возможности микроконтроллера – ключевого элемента устройства [4].

Среди главных плюсов системы стоит выделить: ежедневную фиксацию электроэнергии, безопасность режима работы, экономию времени и комфорт. Из минусов следует отметить: отключение неуплаченного счёта и последующее отключение электроэнергии.

Устройство счётчика состоит из таких элементов, как трансформатор тока, программное обеспечение, клеммная коробка, телеметрический выход, супервизор корпус устройства, дисплей, часы, источник питания. Приведем схему расположения клемм и портов устройства (см.рисунок):

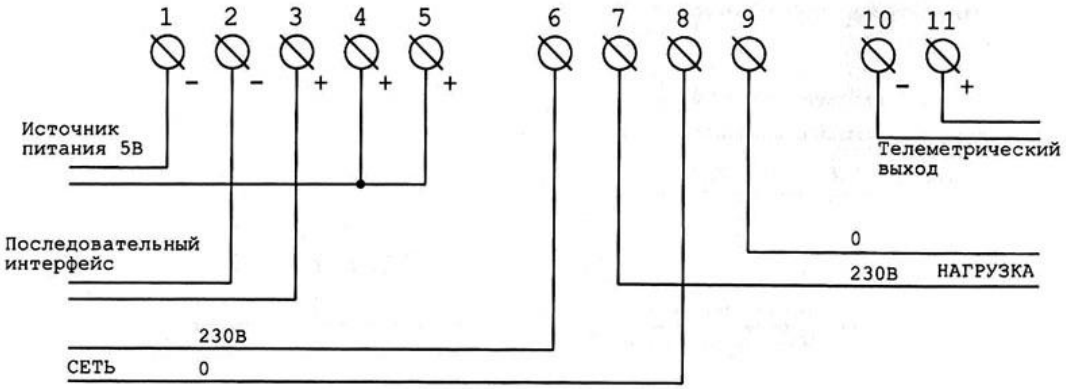


Схема расположения клемм и портов устройства

Ключевым элементом устройства является микроконтроллер, который преобразует аналоговый сигнал, обрабатывает информацию, следит за состоянием интерфейса и занимается приёмом команд от систем автоматического управления [5].

Примером дистанционных счётчиков являются следующие модели: IEK SME-3C8-10-T, СТК1-10, Меркурий 234 ARTM-00 PB.G, Меркурий 203.2T GBO, ПСЧ-4ТМ.05МК. Модели различаются номинальными токами, частотными режимами, размерами и конечно стоимостью, варьирующейся до 20000 рублей.

Подводя итог, можно сказать, что система является очень энергоэффективной и экономичной, а также необходимой для каждого энергопотребителя в современное время. Именно по этой причине, большинство производств и компаний не обходятся без дистанционного учёта электроэнергии.

Источники

1. Осика Л.К. Коммерческий и технический учет электрической энергии на оптовом и розничном рынках. Теория и практические рекомендации: моногр. СПб.: Политехника, 2015. 362 с.

2. Управление качеством электроэнергии: учеб. пособие / И.И. Карташов [и др.]; под ред. Ю.В. Шарова. М.: Издательский дом МЭИ, 2017. 347 с.

3. Макаров О.А., Барбашина Е.А. Анализ проблем современной электроэнергетической отрасли и стратегические пути их решения в соответствии с концепцией Энергетической стратегии до 2035 года // Вестник ВГУИТ. 2016. № 2 (68). С. 366–373.

4. Принцип работы электросчётчика, передающего показания дистанционно [Электронный ресурс]. URL: https://homius.ru/elektroschyotchik-peredayushhiy-pokazaniya.html (дата обращения: 07.10.2022).

5. Счетчик электроэнергии с дистанционным снятием показаний: принцип работы, устройство, плюсы и минусы [Электронный ресурс]. URL: https://geostart.ru/post/10273 (дата обращения: 07.10.2022).

УДК 681.5

КОНТРОЛЬ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Фаизов Нарис Наилович
ФБГОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
naris.faizov@yandex.ru

Автоматизация по сей день остается главным элементов электроустановок и электрических станций, использование систем автоматического регулирования позволяет снизить затраты, получить эффективный продукт. В данном тезисе рассмотрена автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого учета электроэнергии, плюсы ее внедрения.

Ключевые слова: автоматизация, контроль, электроэнергия, потеря, электросетевой комплекс.

CONTROL AND AUTOMATION OF POWER LOSSES

Faizov Naris Nailovich
Kazan State Power University, Kazan
naris.faizov@yandex.ru

Automation to this day remains the main element of electrical installations and power stations, the use of automatic control systems allows you to reduce costs, get an effective product. This thesis considers an automated information-measuring system for commercial accounting of electricity, the advantages of its implementation.

Keywords: automation, control, electricity, loss, power grid complex.

Существует множество проблем в сфере электроэнергетики нашей страны. Можно выделить главные: высокий износ оборудования, выработавшего нормативный срок, высокая зависимость электроэнергетики от природного газа, недостаток маневренных электростанций. Ключевой и самой главной является потеря электроэнергии. Потенциал снижения потерь в ближайшие десятилетия оценивается величиной 25–35 млрд кВт·ч. Наша страна находится в пятерке лидеров по отрицательным показателям потерь электроэнергии [1].

Среди главных причин проблемы можно выделить: эксплуатацию устаревшего электрооборудования, влияние рынка электроэнергии на режимы работы сетей, неоптимальные показатели напряжения и распределения реактивной мощности в сетевых компаниях.

Приведем полезную таблицу детально описывающую долю потерь среди разных классов сетей.

Потери в электрических сетях в Российской Федерации

Класс сетей	Потери энергии	Доля в общем объёме
0,4 кВ	до 30 %	7 %
6–20 кВ	до 34 %	26 %
35–110 кВ	до 43 %	36 %
220 кВ	до 27 %	15 %
330–500 кВ	до 25 %	11 %

Исходя из таблицы можно выделить самый большой показатель потерь в мелко-моторном и бытовом секторе, ввиду постоянного роста тарифов на электроэнергию и снижении материального достатка потребителей, а также осуществление способов хищения и отсутствии привлечения к ответственности [2].

Наряду с явными проблемами в современных условиях многие используют и внедряют автоматизированные информационно-измерительные системы коммерческого учета электроэнергии (АИИС КУЭ). Она служит для сбора информации и данных по необходимым датчикам и устройствам, пределу энергопотребления [3].

В систему АИИС КУЭ входит несколько ступеней, первая – счетчики электроэнергии, вторая – устройства сбора и передачи данных двумя способами – с использованием сети оператора (функция модема) и с использованием других каналов связи (например, оптико-волоконные сети), третья – управление, то есть сервер и программное обеспечение для обработки данных, пришедших с устройств учета электроэнергии [4].

Цели внедрения данной системы крайне ясны – измерение без ручного снятия показаний, контроль расхода электрической энергии, автоматический сбор и обработка данных, расчет баланса электроэнергии и потребления.

Ввиду различия тарифов на электроэнергию для населения страны и юридических лиц, процесс перехода к новой системе будет разным, для больших потребителей строительство АИИС КУЭ необходимо, как и установка для многоквартирных домов, но для этого необходимо планировать проект на этапе застройки дома.

Помимо очевидных плюсов системы стоит выделить и недостатки, например, выход из строя элементов, то есть необходимо постоянное обслуживание, высокая стоимость проекта, для многоквартирных домов порядка полумиллиона рублей, для предприятия – миллион рублей [5].

Подводя итог, можно сделать вывод, что необходимо правильно подойти к выбору системы АИИС КУЭ, произвести расчет экономической эффективности для более быстрого окупаемости и большой выгоды проекта.

Источники

1. Основы ресурсоэффективности: учеб. пособие / И.Б. Ардашкин [и др.]; под ред. А.А. Дульзона и В.Я. Ушакова. Томск: Изд-во ТПУ, 2012. 286 с.

2. Макаров И.Н., Макаров О.А. Эффективность рынка электроэнергетики как фактор экономического развития России // Российское предпринимательство. 2015. Т. 16. С. 2651–2662.

3. Макаров О.А., Барбашина Е.А. Анализ проблем современной электроэнергетической отрасли и стратегические пути их решения в соответствии с концепцией Энергетической стратегии до 2035 года // Вестник ВГУИТ. 2016. № 2 (68). С. 366–373.

4. АСКУЭ и АИИС КУЭ: преимущества системы и применение [Электронный ресурс]. URL: https://www.meters.taipit.ru/info/askueh-i-aiis-kueh-preimushchestva-sistemy-i-primenenie (дата обращения: 07.10.2022).

5. Установка и внедрение АСКУЭ (АИИС КУЭ) [Электронный ресурс]. URL: https://www.energo-konsultant.ru/sovets/elektrosnabgenie/yuridicheskim_licam/sistema_ASKUE_AIISKUE/ustanovka_i_vnedrenie_ASKUE_AIISKUE/ (дата обращения: 07.10.2022).

УДК 621-313.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Фролова Маргарита Алексеевна[1], Ахмедова Ольга Олеговна[2]
[1,2]Камышинский технологический институт (филиал)
ФГБОУ ВО «ВолгГТУ», г. Камышин
[1]margo22010f@gmail.com, [2]Ahmedova-olga@mail.ru

В статье рассматривается внедрение цифрового оборудования для проведения контроля рабочих параметров и диагностики оборудования на воздушных линиях электропередач. Предложен метод питания цифровых датчиков линий при помощи использования электромагнитного поля. Рассмотрен принцип взаимодействие магнитного поля с цифровыми датчиками.

Ключевые слова: воздушная линия электропередачи, электромагнитное поле, цифровизация воздушных линий.

USE OF DIGITAL TECHNOLOGIES FOR DIAGNOSTICS OF OVERHEAD LINES OF DISTRIBUTION NETWORKS

Frolova Margarita Alekseevna[1], Akhmedova Olga Olegovna[2]
[1,2]Kamyshinsky Institute of Technology (branch)
FGBOU VO “VolgSTU”, Kamyshin
[1]margo22010f@gmail.com, [2]Ahmedova-olga@mail.ru

The article discusses the introduction of digital equipment for monitoring operating parameters and diagnostics of equipment on overhead power lines. A method of powering digital line sensors using an electromagnetic field is proposed. The principle of interaction of the magnetic field with digital sensors is considered.

Keywords: overhead power line, electromagnetic field, digitalization of overhead lines.

С начала 19 века электричество начало входить в жизнь человека, первые линии электропередач (ЛЭП) появились уже в 1880-х годах. На сегодняшний день сложно представить какую-либо деятельность человека без использования электрической энергии. Однако, для того, чтобы пользоваться электроэнергией, для начала нужно передать её от места генерирования до мест потребления, для чего и служат ЛЭП.

Для выявления неисправностей, осуществляются методы диагностики ВЛ, которые разделяются на три группы:

– экспертные: осмотр персоналом воздушных линий с помощью новых технологий;

– расчетно-статические: оценивается несущая способность линии;

– аппаратно-расчетные: использование тепловизоров, химический и автоматизированный контроль [1].

Чтобы своевременно выявлять дефекты на линиях, нужен контроль, который осуществляют инженеры. Но это трудоемко, занимает достаточное количество времени и материально затратно, так как в целях безопасности персонала нужно отключать линии (Приказ об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок от от 24 июля 2013 г. № 328н) [2].

Новые технологий позволяют использовать метод оценки состояния воздушных линий с помощью БПЛА (дронов, беспилотников), бортов вертолетов с дистанционной аппаратурой, цифровизации самих линий [3, 4], что значительно снижает трудозатраты диагностики ВЛ.

«Россети Северо-Запад» успешно внедрили цифровую ВЛ электропередач в Карелии на 110 кВ. Линия снабжена цифровыми датчиками, которые передают на пульт управления все параметры сети в режиме реального времени, а также реагируют на климатические изменения [5].

Эта цифровая сеть представляет собой единую среду, которая обеспечивает управление всей сети в целом, и дает информацию о состоянии линии на основе актуальных достоверных данных.

В рамках цифровизации электроэнергетических объектов остро встает вопрос о способах питания датчиков, установленных на воздушных линиях электропередачи. Сегодня их подключают к солнечным батареям, но данный источник питания кроме стоимости имеет еще рад ограничений таких как загрязняемость поверхности солнечной батареи, невозможность использовать во всех районах РФ и т. д. Поэтому актуальной задачей является разработка источника питания датчиков от электромагнитного поля самой воздушной линии электропередачи.

Предлагаю рассмотреть цифровой датчик линии, питающийся по принципу работы беспроводной зарядки телефона [6].

На линии электропередач, провода создают в прилегающем пространстве электрическое и магнитное поля. Предлагается установить датчик, питающийся от магнитного поля на опору ЛЭП, либо между проводами, где оно и возникает. Электромагнитное поле будет занимать место предающей катушки, а принимающая катушка будет стоять в самом датчике.

При взаимодействии магнитного поля, исходящего от ЛЭП, оборудование будет выдавать данные контролируемой линии. Это позволит контролировать показатели работы ВЛ, отыскивать места повреждения и тд., работающему персоналу нужно будет выполнять производственные операции (только регистрировать показания с ВЛ). Также станет возможным сокращение время обнаружения неисправностей и т. д., экономический эффект станет выше, а кроме того, устройство позволит получать показания в северных регионах страны без выездных осмотров ВЛ.

Источники

1. О техническом диагностировании воздушных линий электропередачи напряжением 35 кВ и выше [Электронный ресурс]. URL: https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/89020/25-33.pdf?sequence=1&isAllowed=y&ysclid=l9fvt8ys5x856656968 (дата обращения: 25.10.2022).

2. Приказ об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок от от 24.07.2013 г. № 328н [Электронный ресурс]. URL: https://umitz46.ru/prikazN328n (дата обращения: 27.10.2022).

3. Обследование ВЛ с БПЛА и другие методы контроля и поиска повреждений на воздушных линиях [Электронный ресурс]. URL: https://test-energy.ru/obsledovanie-vl-s-bpla/ (дата обращения: 31.10.2022).

4. Инновационные методы диагностики и устранения технических неполадок воздушных линий [Электронный ресурс]. URL: https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/91840/1/fti_2020_015.pdf (дата обращения: 02.11.2022).

5. «Россети» использовали прототипы цифровых двойников ЛЭП в Карелии [Электронный ресурс]. URL: https://tass.ru/ekonomika/10336217 (дата обращения: 05.11.2022).

6. Как работает беспроводная зарядка для телефона [Электронный ресурс]. URL: https://smartphonus.com/как-работает-беспроводная-зарядка/?ysclid=l9laf78lcs284945418#Принцип_работы_беспроводной_зарядки_телефона (дата обращения: 07.11.2022).

УДК 621.31.

ОБНАРУЖЕНИЕ МЕСТ ПОВРЕЖДЕНИЙ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ 110 КВ И ВЫШЕ

Хазиев Ильяс Наилевич[1], Сабитов Айдар Хайдарович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2]ilyas.khaziev.2001@mail.ru

Статья посвящена проблемам в электросетевом комплексе, связанным со старением компонентов линий электропередачи, снижением надежности и увеличением числа отказов. Это показывает необходимость разработки научных и методических основ совершенствования управления и организации системы технического обслуживания и ремонта оборудования в системах электросетей с учетом текущего состояния развития электроэнергетики. Проблемы отключения высоковольтных линий электропередачи периодически возникают во многих странах, и поиск вариантов их скорейшего устранения или предварительного прекращения является очень актуальной задачей.

Ключевые слова: электроэнергетика, электрические сети, ЛЭП, КЗ.

DETECTION OF DAMAGE SITES ON OVERHEAD POWER LINES WITH A VOLTAGE OF 110 KV AND ABOVE

Khaziev Ilyas Nailevich[1], Sabitov Aydar Khaidarovich[2]
[1,2]Kazan State Power University, Kazan
[1,2]ilyas.khaziev.2001@mail.ru

The article is devoted to the problems in the power grid complex associated with the aging of power transmission line components, reduced reliability and an increase in the number of failures. This shows the need to develop scientific and methodological foundations for improving the management and organization of the system of maintenance and repair of equipment in power grid systems, taking into account the current state of development of the electric power industry. Problems of disconnecting high-voltage power transmission lines periodically arise in many countries, and the search for options for their early elimination or preliminary termination is a very urgent task.

Keywords: electric power industry, electric networks, power lines, short circuit.

В Российской Федерации транзит электроэнергии осуществляется в основном по сетям 110 кВ и выше. Воздушные линии электропередач подвергаются воздействию всех возможных факторов: ледовой нагрузки, ветровой нагрузки, атмосферного загрязнения, грозы, падающие ветки и деревья. Влияние этих факторов приводит к постоянным, повторным или однократным повреждениям.

Для определения места повреждения линии электропередач оборудуются различными типами приборов. Как правило, эти устройства устанавливаются на подстанциях и зона их действия распространяется на несколько линий, включая подстанционное оборудование.

Работа таких устройств направлена на определение расстояния от места короткого замыкания к месту их установки, используя следующие методы.

Импульсный метод, основанный на измерении временных интервалов, когда электромагнитные волны распространяться по воздушным линиям. Этот метод делится на основанный на местоположении и основанный на волне. Метод локации основан на измерении временного интервала между моментом посылается зондирующий импульс и момент прихода импульса, отраженного от места повреждения, начало строки. То есть измеряется время пробега двойного импульса до места повреждения. В этом случае расстояние до места короткого замыкания определяется как произведение скорости распространения и интервал, разделенный пополам.

Волновой метод основан на измерении интервала времени между моментами окончания линию достигают фронты электромагнитных волн.

Индукционный метод основан на фиксации параметров магнитного поля токов, протекающих по проводам и в грунте по трассе ВЛ.

Вышеупомянутые методы, как и другие, основаны на определении расстояния от расположения короткого замыкания на место их установки, и поэтому их работа отрицательно влияет ряд факторов, таких как:

– состояние проводов ВЛ (надежность длины, надежность сечения провода и ремонтные вставки; наличие повреждений с уменьшением сечения, коррозии);

– состояние проводных соединений (падение напряжения, надежный контакт и т. п.);

– режимы работы электрических сетей и ряд других факторов.

С учетом вышеперечисленных факторов, а также «паспортно-допустимой» погрешности показания устройства обнаружения повреждений, установленные на подстанции, могут отличаться от фактических значений на несколько сотен метров до нескольких километров. В случаях, когда нет явных следов короткого замыкания, необходим внеплановый выход для ремонта ВЛ и выполнения верховой проверки нескольких опор, а иногда и нескольких десятков опор, что приводит к снижению надежности сетей, а на концевые ВЛ, для отключения конечных потребителей при поиске мест КЗ.

Проанализировать существующие устройства для решения задачи обнаружения мест КЗ, которые установлены непосредственно на опоре ВЛ. Ряд изобретений (сигнализаторы, индикаторы) считается. Однако широкого применения изобретение не получило, возможно, это связано с некоторыми недоработками, основными из которых являются сложность монтажа, дороговизна, невозможность повторного использования.

На основании этих наблюдений была разработана новая конструкция цифрового устройства, показанного на рисунке, с указанием перекрытие изоляторов на ВЛ, которое устанавливается непосредственно на опору и позволяет вам быстро и точно определить место повреждения, не отключая оборудование и отвечает следующим требованиям:

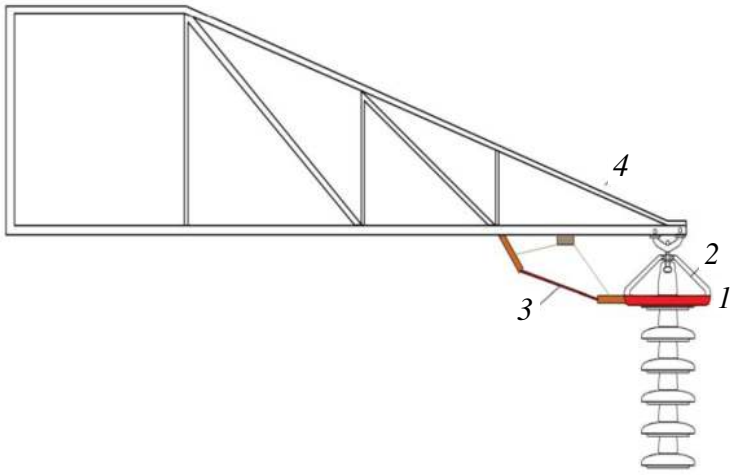
– устанавливается на опору без увеличения весовой нагрузки;

– монтаж и демонтаж осуществляется в кратчайшие сроки;

– позволяет обслуживающему персоналу точно определять место КЗ;

– монтаж, демонтаж и техническое обслуживание производится обслуживающим персоналом;

– световая индикация, для облегчения поиска в ночное время.



Цифровое устройство для определения местоположения токов короткого замыкания в линиях электропередачи: *1* – визуальный датчик тока короткого замыкания; *2* – монтажные спицы; *3* – цифровой модуль датчика тока короткого замыкания; *4* – элементы опоры линии электропередачи

Разработано ряд приборов и приспособлений для определения пути прохождения токов короткого замыкания непосредственно на месте (на опоре). Исследования по этой проблеме все еще продолжаются, которые указывает на актуальность проблемы. Предложена модель индикатора перекрытия изолятора, представляющего собой цифровое

сигнальное устройство с плавкой вставкой. Согласно разработанной модели, сигнальное устройство состоит из нескольких частей, соединенных друг с другом, как показано на рисунке. Этот индикатор также позволяет идентифицировать изолятор, требующий технического обслуживания, во время визуального осмотра с земли. Цифровой модуль *3*, детектор тока короткого замыкания – это компактное защищенное цифровое устройство, которое устанавливается рядом с визуальным детектором тока короткого замыкания.

Источники

1. Концепция обеспечения надежности в электроэнергетике: моногр. / Ю.Н. Кучеров [и др.]; отв. ред. Н.И. Воропай и Г.Ф. Ковалев. М.: ООО ИД «Энергия», 2013. 304 с.

2. Федотова Г.А., Воропай Н.И., Ковалев Г.Ф. Надежность технических объектов, вопросы стандартизации // Надежность и безопасность энергетики. 2015. № 4 (31). С. 2–6.

3. Майоров А.В. Технические решения для повышения надежности электрических распределительных сетей в рамках цифровой трансформации электроэнергетики // Электроэнергия. Передача и распределение. 2019. № 3 (14). С. 2–6.

4. Шаров В.В., Фатыхов Р.И. Система контроля и учета электроэнергии распределенных устройств с использованием современных информационных технологий // Вестник КГЭУ. 2015. № 2 (26). С. 37–44.

УДК 621.316.933

ЗАЩИТА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ПОДСТАНЦИЙ ОТ ИМПУЛЬСНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

Хазиев Ильяс Наилевич[1], Сабитов Айдар Хайдарович[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]ilyas.khaziev.2001@mail.ru

В работе рассматривается обслуживание разрядников и ОПН.
Ключевые слова: электроэнергетика, электрические сети, ОПН, разрядники.

PROTECTION OF HIGH-VOLTAGE SUBSTATIONS FROM PULSE OVERVOLTAGES

Khaziev Ilyas Nailevich[1], Sabitov Aydar Khaidarovich[2]
[1,2]Kazan State Power University, Kazan
[1]ilyas.khaziev.2001@mail.ru

The paper considers the maintenance of spark arresters and OPN.
Keywords: electric power industry, electric networks, OPN, arresters.

При работе с высоковольтными установками, образующееся напряжение, может превышать номинальные значения. Возникающие перенапряжения способны нарушать электрическую изоляцию элементов оборудования и вызывать сбои в работе.

Ограничители перенапряжений нелинейные (ОПН) на основе оксидно-цинковых варисторов и разрядники (РВ) являются лучшей защитой электропотребителей от импульсных перенапряжений.

Варистор представляет собой объемный полупроводниковый прибор с высоконелинейной вольтамперной характеристикой (рис. 1).

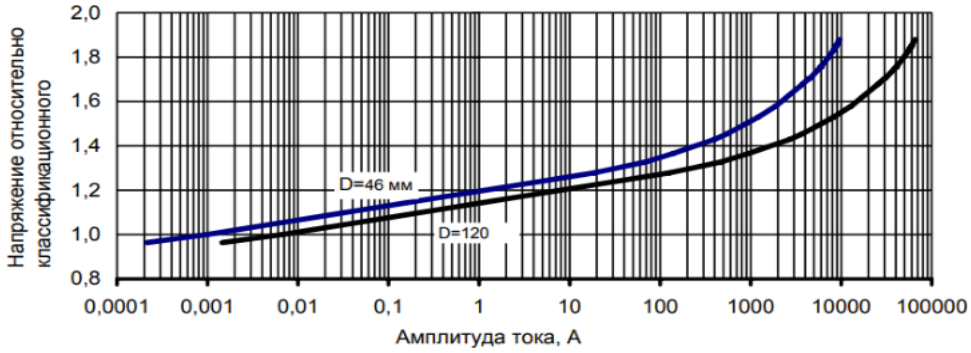


Рис. 1. Высоконелинейная вольтамперная характеристика

Из рис. 1 видно, что сопротивление варистора уменьшается на 8 порядков при увеличении напряжения примерно в два раза. Варистор, изготавливаемый из оксидно-цинковой керамики, имеет зернистую структуру с размером зерен около десятка микрометров (рис. 2).

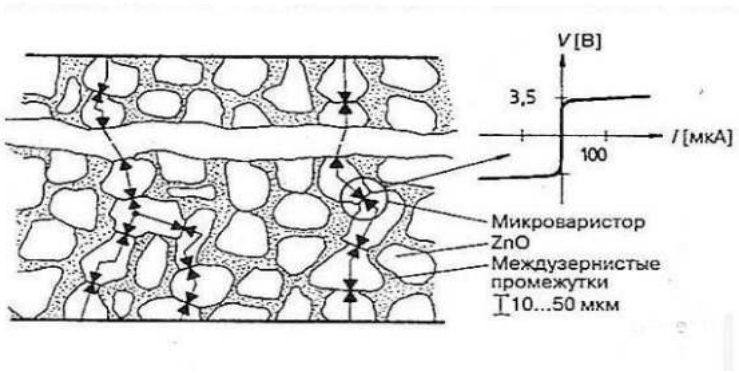


Рис. 2. Механизм проводимости варисторного элемента

В первом приближении каждый межзеренный контакт представляет собой единичный микродиод, а варистор – объемную сетку таких диодов. При такой структуре, варистор рассеивает энергию, выделяющуюся при прохождении тока. Обычно это 100–150 Дж/см^3. Увеличивая толщину варистора, поднимается напряжение его открытия, а при увеличении диаметра или площади – максимальный ток, который может пропустить варистор. Традиционно варисторная защита устанавливается на высоковольтных объектах – подстанциях линий электропередач, трансформаторах. В этом случае импульсы рассеиваются на высоковольтной стороне сети, защищая низковольтную часть от грозовых и коммутационных перенапряжений.

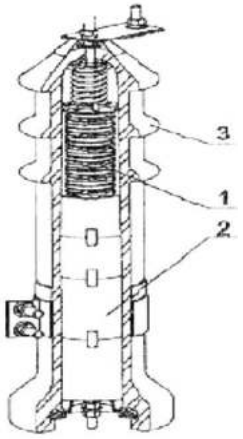


Рис. 3. Основные элементы разрядников: *1* – искровой промежуток;
2 – нелинейный резистор; *3* – герметично закрытая фарфоровая покрышка

Основные элементы разрядников – искровой промежуток и последовательно включенный с ним нелинейный резистор, которые включаются последовательно между токоведущим проводом и землей параллельно защищаемой изоляции.. Искровой промежуток отделяет токоведущие части от заземления, а при появлении импульса перенапряжений срезает волну опасного перенапряжения, обеспечивая при этом гашение дуги тока, проходящего вслед за импульсным током, при первом прохождении его через нулевое значение. Гарантированная электрическая прочность при промышленной частоте это одно из основных требований к разряднику (разрядник не должен пробиваться в нормальном режиме работы сети). С помощью регистраторов срабатывания осуществляется наблюдение за работой РВ, которые включаются последовательно в цепь разрядник – земля, и через них проходит импульсный ток. При осмотре разрядников обращают внимание на целостность фарфоровых покрышек, армировочных швов и резиновых уплотнений. Грязь на поверхности покрышек искажает распределение напряжения вдоль разрядника, что может привести к его перекрытию. Также если не покрашены головки и гайки болтов могут появиться подтеки ржавчины. Представляет опасность высокая трава вблизи разрядника, которая может зашунтировать его нижние элементы. Сопротивление разрядника измеряют мегомметром на 2,5 кВ и полученную величину сопоставляют с результатами предыдущих измерений. После этого определяют токи проводимости при приложении выпрямленного напряжения, которые должны быть в допустимых пределах. Испытывают разрядники переменным напряжением, превышающим допустимое на 20 %, в течение 2 мин. Свидетельством о неисправности является отсутствие пробоев или потрескиваний.

Источники

1. Рожкова Л.Д., Карнеева Л.К., Чиркова Л.К. Электрооборудование электрических станций и подстанций: учеб. 9-е изд., испр. М.: ИЦ «Академия», 2013. 448 с.

2. Красник В.В. Эксплуатация электрических подстанций и распределительных устройств. М.: ЭНАС, 2011. 320 с.

3. Харисова А.З. Повышение конкурентоспособности рф: в новый век с новой энергией// Вестник КГЭУ. Казань. 2017. № 3 (35). С. 84–90.

4. Определение характеристик ТМ спектральным методом / Д.М. Валиуллина [др.] // Вестник КГЭУ. 2021. № 1 (49). С. 66–74.

УДК 621-313.3

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ. КОНТРОЛЬ, АВТОМАТИЗАЦИЯ И ДИАГНОСТИКА

Хамидуллин Ильяс Ильдусович[1], Наумов Олег.Витальевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]89274533569@maul.ru, [2]311670@list.ru

Работа посвящена анализу эксплуатации оборудования электроснабжения, недостатки этих систем, способы автоматизации и перспективы развития электроэнергетических систем**.**

Ключевые слова: трансформатор, измерения, автоматизация, испытания, потери электроэнергии, экономия электроэнергии, коэффициент загрузки, эффективность эксплуатации.

OPERATION AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT OF ELECTRIC POWER SYSTEMS. CONTROL, AUTOMATION AND DIAGNOSTICS

Khamidullin Ilyas Ilduovich[1], Naumov Oleg Vitalyevich[2]
[1,2]Kazan State Power University, Kazan
[1]89274533569@maul.ru, [2]311670@list.ru

The work is devoted to the analysis of the operation of power supply equipment, the disadvantages of these systems, automation methods and prospects for the development of electric power systems.

Keywords: transformer, measurements, automation, testing, power losses, energy savings, load factor, operational efficiency.

Как известно, электроэнергетика занимается производством передачей электроэнергии (ЭЭ) и является основополагающей отрасль промышленных, а также непромышленных предприятий Российской Федерации.

Экспертно-диагностические системы оценки состояния электротехнического силового оборудования основаны на результатах традиционно проводимых измерений. Большое количество типов измерительных приборов, каждый из которых обладает определенным набором элементов настройки, соединительных проводов, методов перерасчета снятых показаний в соответствии с формулами, приводимыми в технических описаниях прибора, может привести к погрешностям, а иногда и к ошибкам, которые могут дать неправильную оценку состояния оборудования [1].

Блоки тестовой диагностики экспертных систем, как правило, используют результаты измерений опытов холостого хода и короткого замыкания трансформатора. По результатам измерения определяют состояния магнитопровода трансформатора [1].

При испытании с помощью измерительных комплектов типа К540, К505 измеряют подводимое напряжение и суммарную мощность, потребляемую испытуемым трансформатором. В состав комплекта входят амперметр и вольтметр электромагнитной системы и ваттметр ферродинамической системы с широким выбором пределов измерений по току и напряжению, которые также вносят погрешность [2].

Для автоматизации процесса пересчета показаний приборов и учета собственного потребления измерительных комплектов (К505, К540), разработана программа для портативного компьютера, позволяющая выполнять измерения с полной детализацией положений режимных переключателей для каждого из типов измерительной аппаратуры [4] .

В программе в зависимости от выбранного типа прибора в диалоговом окне отображаются все элементы настройки соответствующего комплекта. Приводя положение настроек программы в соответствии с реальными настройками комплекта и ввода отсчета в делениях с измерительного прибора, получают пересчитанные значения в амперах, вольтах и ваттах с учетом потерь в измерительных приборах, и выбранной схемы измерения.

Применение программ сопровождения измерительных комплексов позволяет увеличить достоверность измерений диагностических параметров, уменьшить время измерений, облегчает документирование полученных результатов и может быть использовано в процессе обучения [3].

Что касается диагностики электроустановок. Алгоритм диагностирования электроустановок предполагает описание перечня элементарных проверок объекта диагностирования, определяемых рабочим или тестовым воздействием, поступающим на объект, а также составом признаков (параметров), образующих ответ объекта на соответствующее воздействие. Конкретные значения параметров, получаемые при диагностировании, являются результатами элементарных проверок объекта. Очевидна необходимость программного обеспечения и разработки единой по предприятию системы технического диагностирования [4].

В настоящее время в системах электроснабжения существует тенденция к увеличению уровня потерь электроэнергии. Для получения рациональных режимов эксплуатации трансформаторов недогруженные цеховые заменяют на трансформаторы, рассчитанные на меньшую

номинальную мощность, переключают потребителей, питающихся от малозагруженных трансформаторов, на установленные рядом с нагрузкой трансформаторы, а также отключают трансформаторы на период эксплуатации в режиме холостого хода [5]. Вышеперечисленные способы оптимизируют эффективность эксплуатации трансформаторов и обеспечивают рациональные и технические параметры внутризаводских электрических систем персонала.

Источники

1. РД 34.45-51.300-97. Объемы и нормы испытаний электрооборудования. 6-е изд. перераб. и доп. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2001. 453 с.
2. Комплект измерительный К540. Техническое описание и инструкция по эксплуатации [Электронный ресурс]. URL: http://prompost.ru/upload/iblock/cff/ cff774178b75821a7284df57098e2a76.pdf (дата обращения: 04.11.2022).
3. Конюхова Е.А. Проектирование систем электроснабжения промышленных предприятий (теория и примеры): учеб. пособие. М.: Кнорус, 2016. 159 с.
4. Известия вузов. Проблемы энергетики [Электронный ресурс]: офиц. сайт. URL: https://www.energyret.ru/jour (дата обращения: 03.11.2022).
5. Вестник КГЭУ [Электронный ресурс]: офиц. сайт. URL: https://vkgeu.ru/ (дата обращения: 03.11.2022).

УДК 621.3.019.3

МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

Черепенькин Иван Вячеславович[1], Павлов Антон Эдуардович[2],
Гарифуллин Рустем Ринатович[3], Павлов Павел Павлович[4]
[1,2,3,4]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]iwan.tcherepenkin@yandex.ru, [2]pavlov-1557-104@yandex.ru,
[3]kgeu-et@yandex.ru [4]pavlov2510@mail.ru

В статье представлены результаты анализа методов прогнозирования технического состояния электротехнического оборудования (ЭТО) систем электрического транспорта (ЭТ). В целях повышения эффективности процесса диагностирования предложена структурная схема комплексного метода прогнозирования надежности ЭТО, позволяющая проводить оценку технического состояния на последующий период эксплуатации, и организовать наиболее оптимальную стратегию технического обслуживания.

Ключевые слова: электрический транспорт, вероятность, метод, прогноз, эффективность, техническое состояние.

METHODS FOR PREDICTING THE TECHNICAL CONDITION OF ELECTRICAL EQUIPMENT OF THE ELECTRIC TRANSPORT SYSTEM

Cherepen'kin Ivan Vyacheslavovich[1], Pavlov Anton Eduardovich[2],
Garifullin Rustem Rinatovich[3], Pavlov Pavel Pavlovich[4]
[1,2,3,4]Kazan State Power University, Kazan
[1]iwan.tcherepenkin@yandex.ru, [2]pavlov-1557-104@yandex.ru,
[3]kgeu-et@yandex.ru [4]pavlov2510@mail.ru

The article presents the results of the analysis of methods for predicting the technical condition of electrical equipment (IT) of electric transport systems (ET). In order to increase the efficiency of the diagnostic process, a block diagram of an integrated method for predicting the reliability of IT is proposed, which allows assessing the technical condition for the subsequent period of operation, and organizing the most optimal maintenance strategy.

Keywords: electric transport, probability, method, forecast, efficiency, technical condition.

В настоящее время классифицируют несколько методов прогнозирования технического состояния ЭТО систем ЭТ, а именно вероятностные, аналитические и распознавания объектов [1, 6].

Особенностью методов аналитического прогнозирования является возможность получения параметров ЭТО с размерностью, соответствующей размерности соответственных контролируемых параметров. При этом вычисленные значения параметров обусловлены протеканием процессов в определенных временных рамках. Однако применение данного метода является возможным лишь в случае известности аналитической зависимости функции изменения диагностического параметра во временном интервале.

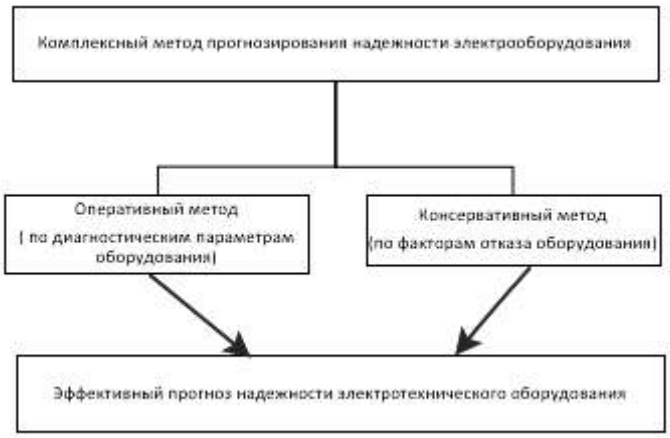
Метод вероятностного прогнозирования позволяет определить вероятность сохранения устойчивой работоспособности ЭТО в функции времени [2]. Исходя из этого вероятность выхода и невыхода контролируемого диагностического параметра за установленные рамки является результатом прогноза.

Метод распознавания образов заключается в том, что процесс прогнозирования можно начать в момент осуществления однократного контроля, диагностируемого ЭТО. В результате прогноза контролируемый параметр принимают за эталонный образ, предварительно определив его класс технического состояния по установленному заранее критерию долговечности или работоспособности [3, 5]. Далее, основываясь на закономерность изменения параметров выбранного класса, определяется модель изменения рассматриваемого параметра в будущем.

Выбор метода прогнозирования в большей степени определяется требуемой точностью и достоверностью полученных данных. В связи с множеством факторов, влияющих на процесс прогнозирования, получение абсолютно точного прогноза состояния контролируемого объекта довольно проблематично. Исходя из этого, наиболее оптимальным методом прогнозирования надежности ЭТО систем ЭТ становится комплексный метод, совмещающий в себе консервативный и оперативных методы прогнозирования.

Основой данного метода является заложенный в него принцип гомогенности изменения диагностируемых параметров. Базой оперативного метода являются результаты диагностики и теории вероятности. Основой консервативного метода в первую очередь является вероятностно-статистический подход.

На основе вышесказанного предложена структурная схема комплексного метода прогнозирования надежности ЭТО систем ЭТ (см. рисунок) [4], которая позволяет определить оптимальное решение данной задачи.



Составляющие комплексного метода прогнозирования надежности электротехнического оборудования систем электрического транспорта

Источники

1. Исмоилов И.И., Грачева Е.И. Повышение управляемости энергетическими системами и улучшение качества электроэнергии // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 1 (53). С. 3–12.

2. Methods of Optimizing the Troubleshooting Parameters of Electric Power Facilities [Электронный ресурс] / L. Sabitov [et al.] // Proc. of the International Scientific-Technical Conference on Innovative Engineering Technologies, Equipment and Materials. 2020. Vol. 915. DOI: 10.1088/1757-899X/915/1/012047 (дата обращения: 06.10.2022).

3. Павлов П.П., Идиятуллин Р.Г., Литвиненко Р.С. К вопросу оценки надежности электротранспортной системы города // Бюллетень транспортной информации, 2017. № 5 (263). С. 23–26.

4. Филина О.А., Черепенькин И.В., Оценка технического состояния // Наука и образование в контексте глобальной трансформации: сб. ст. II Междунар. науч.-практ. конф. Петрозаводск, 2022. С. 156–160.

5. Отказоустойчивость аппаратуры технических систем / Н.Ж. Закирова [и др.] // Тинчуринские чтения – 2021 «Энергетика и цифровая трансформация»: сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. Казань, 2021. С. 250–253.

6. Закирова Н.Ж., Павлов П.П. Исследование методов повышения надежности элементов и систем электроподвижного состава в условиях эксплуатации // Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники: матер. III Всерос. науч.-практ. конф. Казань, 2021. С. 183–187.

УДК 621.316

ЦИФРОВАЯ ПОДСТАНЦИЯ

Чиркова Дарья Михайловна[1], Валиуллина Дилия Мансуровна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]d.m.tcherkashneva@mail.ru, [2]valiullinadiliya@mail.ru

В статье рассмотрены проблемы создания комплекса релейной защиты и автоматики в цифровом формате. Перечислены основные моменты для его реализации.

Ключевые слова: Цифровая подстанция, стандарт МЭК 61850, комплекс релейной защиты и автоматики объекта.

DIGITAL SUBSTATION

Chirkova Darya Mikhailovna [1], Valiullina Dilia Mansurovna[2]
[1,2]Kazan State Power University, Kazan
[1]d.m.tcherkashneva@mail.ru, [2]valiullinadiliya@mail.ru

The article discusses the problems of creating a complex of relay protection and automation in digital format. The main points for its implementation are listed.

Keywords: Digital substation, IEC 61850 standard, relay protection and automation complex of the facility.

В современной электроэнергетике создание цифровой подстанции, является актуальным вопросом. Иностранные и отечественные компании предоставляют передовые микропроцессорные устройства, поддерживающие новые коммуникационные возможности, но нет единого понимания технологии цифровой подстанции. Технология цифровой подстанции это передача сигналов релейной защиты и автоматики между микропроцессорными устройствами по цифровым каналам связи – это сервис GOOSE коммуникации. Под технологией цифровой подстанции понимают возможность передачи выборочных значений токов и напряжений и сигналов управления первичным оборудованием по цифровой шине процесса согласно части 9-2 стандарта МЭК 61850 [1].

На самом деле такое понимание технологии цифровой подстанции является не полным и не показывает всего спектра возможностей, которые может дать эта технология будущего, заложенная еще в 2004 году (МЭК 61850). Данный стандарт, основанный на широко распространенной и практичной коммуникационной технологий Ethernet. Для решения вопроса создания комплекса релейной защиты и автоматики объекта в цифровом формате, определив следующие ключевые и принципиальные основы такой реализации:

1. Весь функционал релейной защиты и автоматики был разделен на единичные стандартные функции – логические узлы, получившие в стандарте МЭК 61850 уникальные обозначения и определенные назначения [2]. Логические узлы являются стандартными вне зависимости от производителя и понятными всем специалистам функциями, на которых строится цифровая релейная защита и автоматика объекта.

2. Для каждого логического узла (стандартной функции) МЭК 61850 выявил входные и выходные сигналы коммуникации с другими логическими узлами, необходимые как для работы алгоритмов самого логического узла, так и для нормального функционирования цифрового комплекса релейной защиты и автоматики.

3. Сигналы коммуникации логических узлов, точнее, структуры данных каждого типа сигнала, также были стандартизованы в МЭК 61850 в виде объектов данных. Объект данных – это единичный типовой сигнал (не зависит от производителя), которым обмениваются логические узлы вне зависимости от того, находятся они в одном микропроцессорном устройстве или в разных микропроцессорных устройствах разных производителей.

4. Стандарт МЭК 61850 выделяет основные взаимодействия между логическими узлами на основе объектов данных и определил конкретные требования к параметрам коммуникации между логическими узлами. Взаимосвязь между логическими узлами позволяет обеспечивать на высоком уровне функции релейной защиты и автоматики. Требования к параметрам коммуникации позволяет поддерживать работу этих функций в on-line режиме вне зависимости от того, реализована ли полноценная функция в одном микропроцессорном устройстве (традиционный подход) либо она является распределенной в нескольких микропроцессорных устройствах, в которых функционируют взаимосвязанные логические узлы. Основным условием к коммуникации между логическими узлами является условие поддержки и обработки атрибутов качества сигнала. Обработка атрибутов качества сигнала необходима как для обеспечения нормального рабочего процесса, так и для целей технического обслуживания и такая обработка особенно актуальна, когда логические узлы находятся в разных микропроцессорных устройствах [3].

Взяв за основу материал стандарта МЭК 61850 по технологии цифровой подстанции можно представить комплекс релейной защиты и автоматики объекта, выполненный в цифровом формате на основе

стандартных логических узлов, взаимодействующих между собой с помощью стандартных сигналов вне зависимости от того, находятся взаимодействующие узлы в одном микропроцессорном устройстве или в разных микропроцессорных устройствах.

Основное условие технологии цифровой подстанции к производителям микропроцессорных устройств это построение внутренней архитектуры микропроцессорного устройства в соответствии с требованиями стандарта МЭК 61850. Внутренняя архитектура микропроцессорного устройства выглядит для пользователя как совокупности логических узлов с типовыми обозначениями (модель данных) и также дается пользователю возможность работы внутри микропроцессорного устройства с типовыми сигналами – объектами данных по МЭК 61850, в том числе беспроблемно добавлять их в модель данных для реализации пользовательских задач [1].

Источники

1. СТО 34.01-21-004-2019. Цифровой питающий центр. Требования к технологическому проектированию цифровых подстанций напряжений 110–220 кВ и узловых цифровых подстанций напряжением 35 кВ. М.: Департамент оперативно-технологического управления ПАО «Россети». 114 с.

2. Головщиков В.О. Цифровая подстанция – основной элемент цифровой электроэнергетической системы // Современные технологии и научно технологический прогресс: материалы конф. Ангарск, 2019. С. 224–225.

3. Виноградов В.А. Цифровые подстанции – шаг в будущее энергетики // Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации: матер. конф. Пенза, 2019. С. 91–94.

4. Известия вузов. Проблемы энергетики [Электронный ресурс]: офиц. сайт. URL: https://www.energyret.ru/jour (дата обращения: 03.11.2022).

5. Вестник КГЭУ [Электронный ресурс]: офиц. сайт. URL: https://vkgeu.ru/ (дата обращения: 03.11.2022).

УДК 621.31

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНЕИЕ В СФЕРЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Шарафутдинов Айрат Нафисович[1], Валиуллина Дилия Мансуровна[2]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]kanonir166@mail.ru, [2]valiullinadiliya@mail.ru

В сфере производства электроэнергии значительная часть оборудования является зарубежным и в свете последних событий ремонт и обслуживание данных электроустановок является затруднительным. В данной статье рассмотрена проблема импортозамещения и действия направленные на его решение.

Ключевые слова: импортозамещение**,** коммутационное оборудование, силовой кабель.

IMPORT SUBSTITUTION IN THE ELECTRIC POWER INDUSTRY

Sharafutdinov Airat Nadisovich[1], Valiullina Diliya Mansurovna[2]
[1,2]Kazan State Power University, Kazan
[1]kanonir166@mail.ru, [2]valiullinadiliya@mail.ru

In the field of electricity generation, a significant part of the equipment is foreign and in the light of recent events, the repair and maintenance of these electrical installations is difficult. This article discusses the problem of import substitution and actions aimed at its solution.

Keywords: Import substitution, switching equipment, power cable.

На даный момент в Российской Федерации действует проект, основной целью которого, является решение проблемы импортозамещения в сфере электроэнергетики. Целью проекта является переход с зарубежного оборудования на отечественные аналоги, отвечающие на все необходимые требования и обеспечивающие надежное, качественное и доступное энергоснабжение. Основными задачами проекта является повышение надежности и качество электроснабжения.

Наиболее критичными электроустановками являются: коммутационное оборудование с большой отключающей способностью (63 кА и выше), КРУЭ 110 кВ и выше, КРУЭН 110 кВ и выше, выключатели 330 кВ и выше, муфты кабельные 330–500 кВ, силовой кабель для подводной прокладки и постоянного тока.

В настоящее время перед компаниями по производству электроустановок стоит огромная задача по разработке отечественных аналогов отсутствующих на российском рынке, это процесс, требующий огромных ресурсов и технологий.

Доля установленного оборудования российского производства, используемого при распределении и передаче электрической энергии				
2019 г.	2020 г.	2025 г.	2030 г.	2035 г.
30	33	54	73	100

На российском рынке имеются несколько успешно разработанных и введенных в производство разработок.

НПП «Контакт» разработала и ввела в производство отечественный аналог вакуумнымных выключателей, рассчитанные на ток до 1600 А, напряжением до 35 кВ и 10000 циклов отключений-включения.

Уральский федеральный университет разработала собсвтенную систему управление энергосистемой. Система повысит качество управления системой, уменьшит время реагирования на аварии в сети, что приведет к уменьшению ущерба потребителей и компаний.

Исходя из официальных данных по значительным значениям износа, большому значению затрат на реконструкцию сетей и ТП в условиях уменьшения инвестиций остро стоит вопрос о дальнейшей надежности электроснабжения потребителей [1].

Тема импортозамещения актуальна как никогда, на сегоднешний день приобретение импортных электроустановок и комплектующих затруднена, разработка собственных аналогов решит данную проблему и приведет к росту энергетического машиностроения и её независимости.

Источники

1. Шарифуллин Р. Р., Валиуллина Д. М. Техническое обслуживание подстанционного оборудования // Электрические сети: надежность, безопасность, энергоэнергосбережение и экономические аспекты: матер. Междунар. науч.-практ. конф. / редкол.: В.В. Максимов (отв. редактор) [и др.]. Казань, 2022. С. 323–329.

2. «Росэлектроника» разработала аналоги швейцарского электротехнического оборудования [Электронный ресурс]. URL: https:// ruselectronics.ru/news/24051-roselektronika-razrabotala-analogi-shveytsarskogo-elektrotekhnicheskogo-oborudovaniya/ (дата обращения: 08.11.2022).

3. Импортзамещение [Электронный ресурс] // Россети: офиц. сайт. URL: https://www.rosseti.ru/suppliers/import-substitution/ (дата обращения: 08.11.2022).

4. Проект стратегии развития электросетевого комплекса Российской Федерации на период до 2035 года [Электронный ресурс] // Минэнерго России: офиц. сайт. URL: https://minenergo.gov.ru/node/18940 (дата обращения: 07.10.2022).

5. Уральские ученые разрабатывают импортозамещающую систему снижения рисков аварий в электроэнергетике [Электронный ресурс] // Министерство науки и высшего образования Российской Федерации: офиц. сайт. URL: https://minobrnauki.gov.ru/press-center/news/nauka/50136/?sphrase_id=4276062 (дата обращения: 08.11.2022).

6. Мотовилов А.И., Соловьев И.И. Онлайн оценка пропускной способности электрической сети // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22, № 3. С. 51–59.

УДК 629.064.5

СИСТЕМА БЕСПЕРЕБОЙНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СТАНЦИИ ПРИ ПОМОЩИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДЕТАНДЕРНОЙ УСТАНОВКИ

Шарипов Булат Фаридович[1], Максимов Виктор Владимирович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]charpe@yandex.ru, [2]viktor.maksimov.1986@mail.ru

В статье представлена эффективная система использования энергии давления и скорости потока газа, передаваемая на элемент, который совершает поступательные и вращательные движения, при этом вращая вал генератора и вырабатывая электроэнергию. Данная система обеспечивает при малых расходах газа, бесперебойное питания газораспределительной станции, а при максимальных расходах газа дополнительный источник электроэнергии для потребителя.

Ключевые слова: система электроснабжения, электроснабжение, электрический детандер, газораспределительная станция, бесперебойное питание.

UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY SYSTEM GAS DISTRIBUTION STATION BY MEANS OF AN ELECTRIC BOOSTER UNIT

Sharipov Bulat Faridivich[1], Maksimov Viktor Vladimirovich[2]
[1,2]Kazan State Power University, Kazan
[1]charpe@yandex.ru, [2]viktor.maksimov.1986@mail.ru

The paper presents an effective system of using the energy of the pressure and velocity of the gas flow, transferred to the element, which performs translational and rotational motion, while rotating the shaft of the generator and generating electricity. This system provides at low gas flow rates, uninterrupted power supply to the gas distribution station, and at maximum gas flow rates an additional source of electricity for the consumer.

Key words: power supply system, power supply, electric detander, gas distribution station, uninterrupted power supply.

Газораспределительные станции (далее – ГРС) являются промежуточным пунктом транспортировки природного газа между потребителем и поставщиком, на станциях происходит понижение давления газа до уровня безопасного для транспортировки потребителю. Подключения ГРС к сети электроснабжения проблематично, в связи с удаленным месторасположением от городов и линий электроснабжения, в связи с этим подключение к линиям электропередач оказывается дорогостоящим. При газификации часто встает вопрос электроснабжения ГРС [1], особенно это касается крупных ГРС и станций электрохимической защиты.

В настоящее время на ГРС широкое применение получили системы телемеханики, при их установке на старые ГРС не подключённые к электросетям, приходится решать вопрос их электроснабжения.

Для решения этих задач, применяют автономное питания с использование различных источников энергии. Электрическая детандерная [2] установка (далее – ЭДУ), является автономным источником питания, работающим от скорости потока и расхода газа рис. 1, не значительно снижая давление и вырабатывая достаточное количество электроэнергии через генераторы [3]. Перспективное использования ЭДУ для транспортировки электроэнергии промышленным предприятиям [4] и городу.

Функциональная схема рис. 2 дает возможность не использовать внешние сети электропередач, при этом данная система становится автономной не зависящей от других источников электроэнергии [5] за счет ЭДУ.

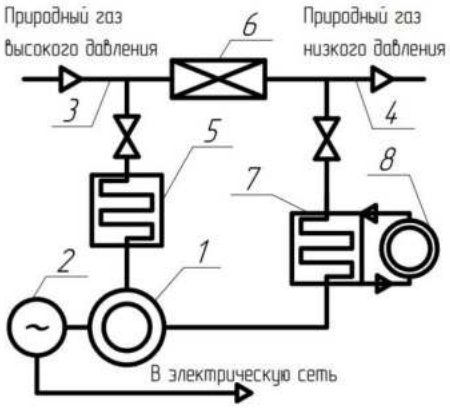


Рис. 1. Схема установки ЭДУ: *1* – детандер; *2* – генератор; *3*, *4* – трубопроводы высокого и низкого давления; *5* – теплообменник; *6* – узел редуцирования газа; *7* – теплообменник; *8* – потребитель холода

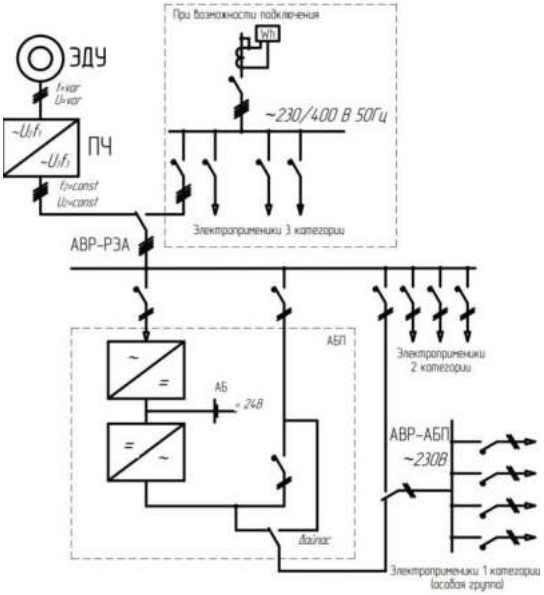


Рис. 2. Функциональная схема электроснабжения ГРС

Для удаленных ГРС это перспективное направление в развитии, но и для станций расположенных не далеко от города и предприятий есть возмож-ность снабжать их дешевой энергией.

Источники

1. Кулагина О.В. Использование избыточной энергии давления природного газа на небольших газораспределительных станциях // Энергетика: эффективность, надежность, безопасность: материалы XIX Всерос. науч.-техн. конф. Томск, 2013. С. 263–264.
2. Пятов И.С. Детандеры объемного типа // Двигатель. 2009. № 4. С. 54–60.
3. Агабабов В.С., Корягин А.В. Бестопливные детандер-генераторные установки: учеб. пособие. М.: Издательский дом МЭИ, 2011. 46 с.
4. Саттаров Р.Е. Защита электрических сетей от перенапряжений // Тинчуринские чтения – 2022 «Энергетика и цифровая трансформация»: матер. Междунар. молодежной науч. конф. В 3 т. / под общ. ред. Э.Ю. Абдуллазянова. Казань, 2022. Т. 1. С. 128–131.
5. Кротевич В.А. Опыт создания автономной системы электропитания для газовой промышленности [Электронный ресурс]. URL: http://www.dgt.com.ua/news/oil-gas/udk_621_362/udk_621_362.pdf (дата обращения 27.10.2022).

УДК 621.315.615.2

ТРАНСФОРМАТОРНОЕ МАСЛО И ЕГО СВОЙСТВА КАК ДИЭЛЕКТРИКА

Шарипова Айгуль Ринатовна[1], Воркунов Олег Владимирович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]aygul.sharipova.99@list.ru, [2]vorcunov_oleg@mail.ru

Силовые трансформаторы являются наиболее важным компонентом энергосистемы. Минеральное масло традиционно применяется в качестве изолирующего хладагента для силовых трансформаторов. В данном исследовании мы стремились изучить диэлектрические свойства этой жидкости.

Ключевые слова: трансформатор, трансформаторное масло, диэлектрик.

TRANSFARMATOR OIL AND ITS PROPERTIES AS A DIELECTRIC

Sharipova Aigul Rinatovna[1], Vorkunov Oleg Vladimirovich[2]
[1,2]Kazan State Power University, Kazan
[1]aygul.sharipova.99@list.ru, [2]vorcunov_oleg@mail.ru

Power transformers are the most important component of a power system. Traditionally, mineral oil has been used as an insulating refrigerant for power transformers. In this study we aimed to investigate the dielectric properties of this fluid.

Keywords: transformer, transformer oil, dielectric.

В настоящее время потребление электроэнергии в стране становится критерием развития страны. Для непрерывной подачи электроэнергии ключевым элементом передающей и распределительной сети, подлежащим контролю, является силовой трансформатор. Трансформаторные масла – это минеральные масла, обладающие высокой чистоты и низкой вязкости [1]. Изолирующая жидкость в трансформаторе играет жизненно важную роль в правильном функционировании трансформатора и служит эффективным охладителем и изоляцией. В качестве изоляционной жидкости во всем мире используется трансформаторное масло, которое является производным сырой нефти [3].

Силовой трансформатор – это статическое устройство, имеющее две или более обмотки, назначением которого является преобразование переменного напряжения и силы тока до необходимой величины, имеющих обычно другие значения при той же частоте, с целью передачи мощности [2]. Работа силового оборудования построена на явлении электромагнитной индукции, наводящейся в обмотках, в результате чего заданные параметры силы тока увеличиваются или уменьшаются в зависимости от конфигурации устройства.

К основным характеристикам трансформаторного масла как диэлектрика относят:

1. Электрическая прочность. Диэлектрическая прочность трансформаторного масла формулируется как максимальное напряжение, которое может быть приложено к изоляционному материалу без электрического пробоя, под которым трактуется явление резкого возрастания тока в твёрдом, жидком или газообразном диэлектрике (или полупроводнике) или воздухе, возникающее при наведении напряжения выше критического [4]. Так как трансформаторное масло предназначено для обеспечения электрической изоляции при высоких электрических полях, любое значительное сокращение диэлектрической прочности может означать, что масло уже не в состоянии выполнить эту важную функцию.

2. Диэлектрическая потери. Диэлектрическими потерями является энергия, рассеиваемая под воздействием электрического поля в электроизоляционном материале.

Деградация и разрушение изоляции или воздействие влаги приводит к возрастанию потерь энергии, которая рассеивается в виде теплоты в электроизоляционном материале. В технике потери в диэлектрике обычно характеризуют тангенсом угла диэлектрических потерь (tgδ) [5].

Из всего вышенаписанного можно сделать вывод, что трансформаторное масло можно определить, как особый вид масла, обладающий выдающимися электроизоляционными свойствами. Оно также известно, как изоляционное масло. При высокой температуре оно стабильно и используется в силовых трансформаторах для предотвращения образования дуги, отвода тепла от трансформатора. Таким образом, этот тип масла действует как охлаждающая жидкость, защищает обмотки и сердечник трансформатора, потому что они погружены в масло.

Источники

1. Липштейн Р.А., Шахнович М.И. Трансформаторное масло. М.: Энергоатомиздат, 1983. 296 с.

2. Определение характеристик трансформаторного масла спектральным методом / Д. М. Валиуллина [и др.] // Вестник КГЭУ. 2021. Т. 13, № 1 (49). С. 66–74.

3. Аптов И. С., Хомяков М. В. Уход за изоляционным маслом. М.-Л.: Энергия, 1966. 112 с.

4. Солимар Л., Уолш Д. Лекции по электрическим свойствам материалов. М.: Мир, 1991. 504 с.

5. Иксанова Э.Р., Валиуллина Д.М., Козлов В.К. Диагностика трансформаторного масла по тангенсу угла диэлектрических потерь // Электрические сети: надежность, безопасность, энергосбережение и экономические аспекты: матер. Междунар. науч.-практ. конф. / редкол.: В.В. Максимов (отв. редактор) [и др.]. Казань, 2022. С. 133–137.

УДК 621.315.615.2

ТРАНСФОРМАТОРНОЕ МАСЛО И СПОСОБЫ ЕГО ОЧИСТКИ

Шарипова Айгуль Ринатовна[1], Воркунов Олег Владимирович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]aygul.sharipova.99@list.ru, [2]vorcunov_oleg@mail.ru

В данной работе приведены и проанализированы основные способы очистки трансформаторного масла.

Ключевые слова: трансформатор, трансформаторное масло, метод очистки, регенерация масла.

TRANSFORMER OIL AND METHODS OF ITS CLEANING

Sharipova Aigul Rinatovna[1], Vorkunov Oleg Vladimirovich[2]
[1,2]Kazan State Power University, Kazan
[1]aygul.sharipova.99@list.ru, [2]vorcunov_oleg@mail.ru

This paper presents and analyzes the main ways of cleaning transformer oil.

Key words: transformer, transformer oil, cleaning method, oil regeneration.

В нефтегазовой промышленности электрооборудование, заполненное жидкостью, используется для подачи электроэнергии на нефтяные месторождения. Масляные трансформаторы большой и малой мощности, с двумя и тремя обмотками, трехфазные и однофазные – типичные представители этого типа электрооборудования.

Надежная работа и эффективность масляных трансформаторов зависит от качества трансформаторного масла, которое используется для изоляции и охлаждения рабочих частей трансформатора (обмоток, магнитопроводов) и для достижения почти 80 % мощности трансформатора. Приблизительно 85 % отказов трансформаторов возникает из-за нарушения системы жидкой изоляции.

Трансформаторное масло является производным нефти и имеет сложный химический состав, включающий углеводороды, небольшое количество кислорода, соединения азота, серы и металлоорганические соединения [1].

Среди основных причин повреждений силовых масляных трансформаторов – неисправность их изоляционной системы, вызванная увлажнением и загрязнением масла, а также бумажной изоляции [2]. Своевременная регенерация и очистка масла необходима для достижения эффективности и надежности трансформаторов [3].

Поскольку очистка не только восстанавливает электрические свойства деградировавшего трансформаторного масла, но и использует его наиболее эффективный потенциал повторного использования, разработка и применение различных эффективных методов регенерации является важным элементом программ по сохранению ресурсов [4]. Методы очистки трансформаторного масла включают физические, физико-химические и химические методы.

Приведу основные методы очистки и регенерации трансформаторного масла.

Отстаивание – один из самых простых методов очистки трансформаторного масла. Он заключается в выпадении из масла взвешенных твердых частиц, которые, если они достаточно велики и значительно превышают плотность масла, оседают под действием силы тяжести.

Обработка в центрифуге – этот метод обработки трансформаторного масла предполагает удаление из масла воды и взвешенных механических частиц путем приложения к маслу центробежной силы. Центробежная сепарация в основном используется для подготовки заправочных масел для силовых трансформаторов до 35 кВ и в качестве предварительной обработки масла. Длительная обработка масла способствует окислению чистого масла, поскольку из него могут быть удалены антиоксиданты.

Фильтрационная обработка, которая заключается в прохождении нефти через пористые перегородки, которые задерживают примеси в масле.

Адсорбционная очистка – процесс очистки трансформаторного масла методом адсорбции, который основан на поглощении воды и других примесей различными адсорбентами. Для этой цели в основном используются синтетические цеолиты, поскольку они обладают особенно высокой адсорбционной способностью для молекул воды. Трансформаторное масло может быть обработано цеолитом для удаления из масла растворенной воды.

Обработка в вакуумных системах. Сырое трансформаторное масло предварительно нагревается до температуры 50–60 °C, после чего распыляется в первой ступени дегазатора [5]. В то же время, первая ступень откачивается вакуумным насосом. Водяной пар и отработанные газы выводятся через цеолитовую кассету и воздушный фильтр. Трансформаторное масло самотеком перетекает из первой ступени во вторую, где оно окончательно высушивается и дегазируется. Затем трансформаторное масло проходит через фильтр тонкой очистки в трансформатор или масляный бак.

Для очистки и регенерации масла можно одновременно использовать комбинацию этих методов.

Таким образом, каждый метод восстановления имеет свои преимущества и недостатки по сравнению с другими видами обработки. Поэтому выбор метода и оборудования для его применения определяется в первую очередь экономической целесообразностью.

Источники

1. Исследование взаимных корреляций параметров трансформаторного масла / Д.М. Валиуллина [и др.] // Перспективные научные исследования: опыт, проблемы и перспективы развития: сб. науч. ст. по матер. V Международной науч.-практ. конф. Уфа, 2021. С. 24–33.

2. Бондаренко В.Е., Аулова Н.В. Анализ традиционной системы оценки состояния трансформаторных масел в баках трансформаторов и автотрансформаторов напряжением 330 кВ // Энергобезопасность и энергосбережение. 2016. № 3.

3. Осотов В.Н. Практические аспекты оценки фактического срока службы силовых трансформаторов [Электронный ресурс]. URL: http://www.uraldiag.ru/UPLOAD/user/novosti/09122016/15-osotov-vn-prakticheskie-aspekty-otsenki-sroka-sluzhby-transformatorov.pdf (дата обращения: 17.10.2022).

4. Тихомиров П.М. Расчет трансформаторов. М.: Энергия, 1976. 544 с.

5. Кельцев Н. В. Основы адсорбционной техники. М.: Химия, 1984. 592 с.

УДК 662.99

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ И ПОДХОДОВ АНАЛИЗА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Аверьянова Анна Алексеевна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
annaannaaver@gmail.com

В статье рассматриваются основные методы и подходы анализа энергетической эффективности, раскрывается их сущность и основные положения, а также выделяются достоинства и недостатки.

Ключевые слова: метод, анализ, энергетическая эффективности, технологический процесс.

COMPARISON OF METHODS AND APPROACHES FOR ENERGY EFFICIENCY ANALYSIS

Averyanova Anna Alekseevna
Kazan State Power Engineering University, Kazan
annaannaaver@gmail.com

The article discusses the main methods and approaches for analyzing energy efficiency, reveals their essence and main provisions, and highlights the advantages and disadvantages.

Keywords: method, analysis, energy efficiency, technological process.

Системный анализ проводят с целью повышения энергоэффективности процессов. В информационно-техническом справочнике по наилучшим доступным технологиям [1] выделяют семь методов и подходов анализа энергетической эффективности.

Балансовые методы. Целью метода является составление материальных, тепловых и эксергетических балансов предприятия [2].

Преимущества: относительная простота расчета; требует небольшое количество исходных данных для выполнения расчета.

Недостатки: использование небольшого количества исходных данных не позволяет создать полную картину о потенциале энергосбережения.

Анализ энергоемкости агрегатов (удельных расходов энергоресурсов). Целью метода является расчет удельных расходов энергоресурсов технологического процесса и сравнение фактических значений с нормативными [3].

Преимущества: позволяет отнести потребляемые ресурсы технологического процесса к единице выпускаемой продукции.

Недостатки: необходимость составления методик для получения нормативных значений.

Пинч-анализ. Математический метод, позволяющий повысить энергоэффективность технологического процесса путем организации эффективного взаимодействия технологических потоков.

Преимущества: интерактивность метода, позволяющая проектировщику осуществлять постоянный контроль и своевременно вносить коррективы в разрабатываемый проект.

Недостатки: длительные процедуры ручного расчета, а также возможность генерирования слишком сложных вариантов проекта из-за неявного учета стоимостных критериев при расчете.

Эксергетический анализ. Целью эксергетического анализа является расчет потерь эксергии и эксергетического КПД.

Преимущества: позволяет выявить элементы установок с наибольшим потенциалом внедрения энергосберегающих мероприятий.

Недостатки: сложность расчета эксергетического КПД системы, состоящей из нескольких элементов.

Сквозной энергетический анализ (метод технологических топливных чисел). Основным показателем сквозного энергетического анализа является технологическое топливное число.

Преимущества: учет всех параметров, используемых в ходе производства, что позволяет создать наиболее полную картину о технологическом процессе и о потенциале энергосбережения.

Недостатки: требует многочисленных значений по технологическому процессу.

Комплексный энергетический анализ. Целью комплексного энергоаудита является полное обследование технологического процесса, зданий и сооружений.

Преимущества: позволяет анализировать энергетические затраты в комплексе; применение современного и точного оборудования для выявления энергетических потерь.

Недостатки: привлечение организаций для проведения энергоаудита, что влечет финансовые расходы.

Методология интенсивного (предельного) энергосбережения. Интенсивное энергосбережение означает принципиальное изменение технологического процесса, реконструкцию или модернизацию существующего оборудования или внедрение новых технологий.

Преимущества метода: уменьшает удельное потребление энергии; показывает максимальные резервы повышения энергетической эффективности всей системы.

Недостатки метода: требует привлечение дополнительных средств на реконструкцию, что повышает себестоимость выпускаемой продукции.

Вывод: наиболее перспективным направлением развития является пинч-анализ, отличающийся интерактивным характером процедуры проектирования и имеющий большую базу программных обеспечений. Известны работы, дополняющие пинч-анализ учетом эксергетических потерь [4] или эксплуатационных факторов [5] и позволяющие повысить экономичность процессов. Автор предлагает повысить энергоэффективность предприятия путем интенсификации теплообмена установок на основе выявления потенциала энергосбережения пинч-анализом.

Источники

1. ИТС 48-2017. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности. М.: Бюро НДТ, 2017. 171 с.

2. ГОСТ 27322-87 Энергобаланс промышленного предприятия. М., 1998. 16 с.

3. Методическое руководство по нормированию расходов энергоресурсов: утв. Решением Общего собрания учредителей Некоммерческого Партнерства «Группа Э3» (протокол № 2 от 2 апреля 2010 г.). Новосибирск, 2010. 45 с.

4. Юшкова Е.А. Повышение энергоэффективности тепломассообменных процессов на нефтеперерабатывающем предприятии с использованием эксергетического пинч-анализа: автореф. дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2020. 23 с.

5. Чибисов Р.Е., Канищев М.В. Интеграция тепловых процессов на установке гидроочистки прямогонных средних дистиллятов Л-24-6 // Science Prosrects. 2019. № 3. С. 190–197.

УДК 620.9

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕЧИ КОСВЕННОГО НАГРЕВА НЕФТИ

Акбиров Ренат Илдарович[1], Курочкин Игорь Сергеевич[2],
Измайлова Евгения Вячеславовна[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО КГЭУ, г. Казань
[1]renat.akbirov@mail.ru, [2]parkour.99j@mail.ru, [3]evgeniya-izmailova@yandex.ru

В данной статье проведен анализ метода повышения энергетической эффективности печи косвенного нагрева нефти путем изменения конструкции конвективной части.

Ключевые слова: энергосбережение, нефть, промышленная печь, теплоноситель, косвенный нагрев.

MPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF THE INDIRECT OIL HEATING FURNACE

Akbirov Renat Ildarovich[1], Kurochkin Igor Sergeevich[2],
Izmaylova Evgeniya Vyacheslavovna[3]
Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]renat.akbirov@mail.ru, [2]parkour.99j@mail.ru, [3]evgeniya-izmailova@yandex.ru

This article analyzes the method of increasing the energy efficiency of the indirect oil heating furnace by changing the design of the convective part.

Keywords: energy saving, oil, industrial furnace, heat carrier, indirect heating.

В данной статье проведен анализ метода увеличения конвективного теплообмена в пучках гладких труб, обеспечивающее более глубокое охлаждение продуктов сгорания, что приводит к экономии топлива и снижения выбросов вредных и токсичных продуктов горения в атмосферу [1].

Косвенный нагрев нефти – это процесс нагрева нефти с помощью промежуточного теплоносителя [2].

Теплоноситель нагревается в конвективной части печи за счет тепла продуктов сгорания топлива, а остывает в теплообменных аппаратах путем нагрева нефти [3].

Повышение эффективности использования тепловой энергии возможно путем максимального снятия температуры с потока продуктов сгорания в конвективной части печи. Для этого необходимо обеспечить максимальный охват конвективных пучков продуктами сгорания [4].

Максимальный охват конвективных труб продуктами сгорания возможен путем установки в конвективной части печи перегородок, благодаря которым для продуктов сгорания задается необходимый маршрут.

Практическое применение данного решения позволило получить следующие результаты:

– применение перегородок позволило получить рост теплоотдачи на 5–7 %;

– изготовление и установка перегородок не вызвало больших материальных расходов, что показало их малозатратность;

– установка проработала в течение долгого времени и каких-либо поломок и простоев по вине турбулизаторов (перегородок) не наблюдалось, что подтвердило их надежность и долговечность [5].

Применение данного способа интенсификации теплообмена позволяет обеспечивать более глубокое охлаждение продуктов сгорания, что приводит к значительной экономии топлива и снижает объемы выбросов в атмосферу токсичных продуктов сгорания.

Источники

1. Акбиров Р.И., Курочкин И.С., Измайлова Е.В. Энергосберегающий нагрев нефти на объектах нефтеподготовки // Научному прогрессу – творчество молодых: матер. XVII Междунар. молодежной науч. конф. по естественно-научным и техн. дисциплинам. Йошкар-Ола, 2022. С. 236–238.

2. Повышение тепловой эффективности конвективных поверхностей нагрева: моногр. / Д.У. Сугиров [и др.]. М.: Мир науки, 2021. 69 с.

3. Денисенко В.А. Характеристики подогревателей нефтяной эмульсии при прямом и косвенном нагреве продуктами сгорания топлива // Энергосберегающие процессы и аппараты в пищевых и химических производствах: матер. Междунар. науч.-техн. конф. Воронеж, 2016. С. 241–245.

4. Сайфуллин Э.Р., Ларионов В.М., Ваньков Ю.В. Численное моделирование стабилизации теплопроизводительности парового котла при сжигании попутного нефтяного газа // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2019. Т. 21, № 3-4. С. 15–21.

5. Исмагилов Ф.Р., Вольцов А.А. Экология и новые технологии очистки сероводородсодержащих газов. Уфа: Экология, 2018. С. 114.

УДК 620.91

ОТОПИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛОВОГО НАСОСА И СОЛНЕЧНОГО КОЛЛЕКТОРА

Анпилогов Лев Дмитриевич
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
lev.anplogov.03@mail.ru

В статье рассмотрена отопительная система с использованием теплового насоса и солнечного коллектора. Преимущества и недостатки этой система, а также её ликвидность

Ключевые слова: солнечная энергия, коллектор, тепловой насос, теплоноситель.

HEATING SYSTEM USING A HEAT PUMP AND A SOLAR COLLECTOR

Anpilogov Lev Dmitrievich
Kazan State Power Engineering University, Kazan
lev.anplogov.03@mail.ru

The article considers a heating system using a heat pump and a solar collector. The advantages and disadvantages of this system, as well as its liquidity

Keywords: solar energy, collector, heat pump, heat carrier.

В современных реалиях, когда природных источников топлива становятся всё меньше необходимо искать альтернативные способы отопления домов. Одним из таких методов является гибрид солнечной и геотермальной отопительных систем так как это без топливный и поэтому экологически чистый вид отопления, что позволяет использовать тепло с гораздо меньшими затратами.

Отопительная система работает таким образом, что тепло от солнечных коллекторов сразу попадает в систему ГВС и отопление дома, избыток тепловой энергии сохраняется в аккумуляторе, а недостаток то автоматически компенсирует тепловой насос. Летом тепловая энергия закачивается в геотермальный контур, повышая его температуру к началу грядущего отопительного сезона, таким образом повышая эффективность работы теплового насоса на 30–50 % в отопительный сезон. В зимний период тепловой дефицит покрывается работой теплового насоса. Гибридная отопительная система имеет теплоаккумулятор большего размера, что позволяет тепловому насосу включаться только ночью и не использовать их днем [1].

Единственный недостаток гибридной отопительной системы – это установочная стоимость, которая может быть существенно выше стоимости подключения магистрального газа.

Её преимущества:

Независимость от энергомонополий. Система требует наименьшей подведённой мощности электроснабжения, от 3 кВт в сутки [2].

Затраты на отопление в несколько раз меньше, чем при отоплении магистральным газом, и почти в 25 раз при отоплении сжиженным газом.

Гибридная отопительная система открывает дорогу к строительству полностью автономного дома, ее применение актуально в регионах, где преобладает резко-континентальный климат, где зима морозная и солнечная. Эти условия позволяют построить дом круглогодичного проживания, что подходит для домов ЭКО поселений с жесткими экологическими требованиями для сжигания углеводородов [3].

Батарея из мощных солнечных коллекторов позволяет накапливать большое количество тепла даже если Солнце почти не выходило из облаков, получаемые излишки аккумулируются в геотермальном насосе.

Нагревание геотермальной установки летом позволят увеличить мощность перекачиваемого тепла, также позволяет сместить диапазон температур с 0...+35 °С на 10...+35 °С [4].

Производители из Европы в холодные дни рекомендуют в своих домах отопительную систему тепловые насосы устанавливать только на 70 %. Гибридная же система отопления позволяет решить эту проблему с помощью мощных солнечных аккумуляторов [5].

Если некоторую часть системы заложить в фундамент дома это позволит сделать его более выгодным

Из выше перечисленного вывод напрашивается следующий солнечная энергетика, позволяет сделать отопление дома более экономичным, что делает дома более ликвидными, и экологическим, ведь при работе коллекторов не выделяются ни какие загрязняющие элементы

Источники

1. Кондратьев А.Е. Особенности построения геотермальной системы теплоснабжения жилого поселка // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VI Нац. науч.-практ. конф: в 2 т. Казань, 2020. Т. 2. С. 417–419.

2. Гилазова Г.Р., Кондратьев А.Е. Особенности применения солнечных коллекторов для системы отопления // Научному прогрессу – творчество молодых. 2020. № 2. С. 25–27.

3. Горбунов К.Г., Кондратьев А.Е. Законодательные проблемы теплоэнергетики // Научному прогрессу – творчество молодых. 2019. № 2. С. 111–113.

4. Гатауллина И.М., Кондратьев А.Е. Применение теплового насоса для утилизации снежной массы в городских условиях // Тинчуринские чтения – 2020 «Энергетика и цифровая трансформация»: матер. Междунар. молодежной науч. конф.: в 3 т. / под общ. ред. Э.Ю. Абдуллазянова. Казань, 2020. С. 82–85.

5. Макуева Д.А., Шайхутдинов Я.О., Кондратьев А.Е. Использование систем теплоснабжения жилого дома от солнечных коллекторов // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VI Нац. науч.-практ. конф.: в 2 т. Казань, 2020. Т. 1. С. 420–422.

УДК 620.92

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ

Борисов Алексей Романович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
leha.borisov122@gmail.com

В статье рассматриваются основные элементы солнечного вакуумного коллектора, его преимущества использования в частном доме.

Ключевые слова: солнечный вакуумный коллектор, абсорбер.

FEATURES OF THE USE OF SOLAR COLLECTORS

Borisov Alexey Romanovich
Kazan State Power Engineering University, Kazan
leha.borisov122@gmail.com

The article discusses the main elements of a solar vacuum collector, its advantages of use in a private home.

Keywords: solar vacuum collector, absorber.

Коллектор как элемент поглощает радиацию Солнца и преобразует ее в тепло, которое передается теплоносителю и затем используется для обогрева зданий, нагрева воды, производства электричества и т. д.

Вакуумный коллектор состоит из габаритных полых трубок, выполненных из стекла. Внутри них расположены одна или несколько трубок меньших размеров, содержащий абсорбер тепловой энергии [1].

Абсорбер – это элемент солнечного вакуумного коллектора, в котором образуется процесс изменения солнечной энергии в тепловую энергию и далее происходит передача тепла теплоносителю [2].

Конструкция вакуумного коллектора:

– прозрачная стеклянная колба, из которой полностью выкачен воздух;

– медная трубка, расположенная внутри коллектора, с газообразным или жидким теплоносителем;

– один или два сборных распределителя;

– отражатели, фокусирующие излучение на колбы.

Принцип работы:

1. При попадании солнечных лучей происходит абсорбция тепла и передача тепла теплоносителю.

2. Теплоноситель закипает в трубке и испаряясь поднимается вверх к конденсатору.

3. Пар отдает энергию возвращаясь в первоначальное состояние.

4. Жидкость стекает обратно в медную трубку, играющую роль теплообменника [3].

В большинстве случаев коллекторы не используются в качестве основного источника тепла в доме. Целью подключения является компенсирование энергозатрат. При этом изначально должен быть установлен котел, способный полностью обогреть дом [4].

В регионах с холодным или средним климатом были выявлены следующие преимущества вакуумных коллекторов:

– оптимальное соотношение стоимости и теплоотдачи;

– теплопотери минимальны, 75 % абсорбируемой энергии передается в буферную емкость;

– трубчатая гелиосистема способна работать при отрицательных температурах, что делает возможным внесезонное солнечное отопление [5].

В результате, применение солнечного коллектора целесообразно в солнечных регионах [6].

Источники

1. Ильясова Г.Р., Кондратьев А.Е. Применение аккумуляторов тепла в России // Научному прогрессу – творчество молодых. 2016. № 2. С. 188–190.

2. Гилазова Г.Р., Кондратьев А.Е. Особенности применения солнечных коллекторов для системы отопления // Научному прогрессу – творчество молодых. 2020. № 2. С. 25–27.

3. Сергеева Д.В., Кондратьев А.Е. Инфракрасная система отопления // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики: матер. II Междунар. науч. конф. Сумгаит, 2020. С. 284–287.

4. Макуева Д.А., Шайхутдинов Я.О., Кондратьев А.Е. Системы теплоснабжения жилого дома от солнечных коллекторов // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики: матер. II Междунар. науч. конф. Сумгаит, 2020. С. 270–272.

5. Горбунов К.Г., Кондратьев А.Е. Законодательные проблемы теплоэнергетики // Научному прогрессу – творчество молодых. 2019. № 2. С. 111–113.

6. Кондратьев А.Е. Особенности построения геотермальной системы теплоснабжения жилого поселка // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VI Нац. науч.-практ. конф.: в 2 т. Казань, 2020. Т. 1. С. 417–419.

УДК 378.14

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ В ЖКХ

Будникова Иветта Константиновна[1], Багманова Алина Азатовна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2]ikbudnikova@yandex.ru

В статье расматриваются проблемы теплоснабжения в жилищно-комунальном хозяйстве, предлагается метод прогнозирования теплопотребления с учетом погодных условий. Разработана программа для прогнозирования режима теплопотребления с применением нейросетевых технологий, с возможностью добавления данных в базу данных и формирования отчетов. Получено авторское свидетельство о государственной регистрации разработанной программы для ЭВМ

Ключевые слова: прогнозирование, теплопотребление, тепловая энергия, нейронные сети.

FORECASTING MODES HEAT CONSUMPTION IN HOUSING UTILITIES

Budnikova Ivetta Konstantinovna[1], Bagmanova Alina Azatovna[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1,2]ikbudnikova@yandex.ru

The article deals with the problems of heat supply in housing and communal services, proposes a method for predicting heat consumption, taking into account weather conditions. A program has been developed for predicting the mode of heat consumption using neural network technologies, with the possibility of adding data to the database and generating reports. Received an author's certificate of state registration of the developed computer program

Keywords: forecasting, heat consumption, thermal energy, neural networks.

Теплоснабжение является важной подотраслью жилищно-коммунального хозяйства. В результате высокого износа и ветхости тепловых сетей наблюдаются потери тепла, которые превышают 23 %. Сверхнормативные потери тепловой энергии составляют 630–710 млн Гкал, а топлива – 170–190 млн т в год [1]. Сегодня актуален вопрос создания модели прогнозирования объемов потребления тепловой энергии как для поставщиков тепловой энергии, так и для потребителей.

Филиал ООО «Газпром теплоэнерго Казань» «Бавлинский» обеспечивает надежное теплоснабжение и поставку тепловой энергии в г. Бавлы [2]. Кроме того, уделяет особое внимание внедрению энергосберегающих и энергоэффективных технологий, в частности такому направлению, как комбинированная выработка тепловой и электроэнергии.

Управление отпуском тепловой энергии включает в себя следующие процессы:

1. Сбор и обработка данных заключается в получении актуальных данных с приборов учета, установленных на каждой котельной, их структуризации и занесении в базу данных. Данные с приборов учета поступают в режиме реального времени. Обработка данных осуществляется администратором информационной системы предприятия.

2. Моделирование режимов работы источников тепла осуществляется на основе отчетов о теплопотреблении и нормативных документов [3]. Модель теплового режима работы представляет собой температурный график, который устанавливает зависимость температуры теплоносителя в подающем трубопроводе системы отопления от температуры наружного воздуха. Однако при составлении температурного графика не учитываются многие параметры погодных условий, что влечет за собой перетопы или наоборот недостаточное отопление помещений для поддержаний в них комфортной температуры.

3. Установка температурного режима – после составления температурного графика происходит оценка температуры наружного воздуха и установка температуры сетевой воды в подающем трубопроводе.

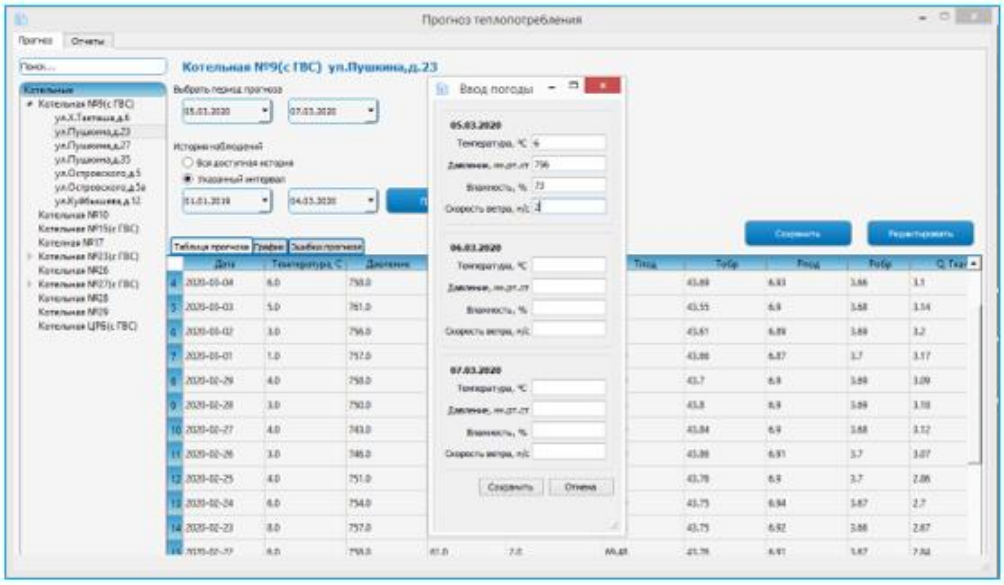
Из-за большого количества влияющих параметров, которые вносят различный вклад в процесс теплообмена, очень проблематично описать одним или несколькими уравнениями динамическую модель теплового потребления здания. Ввиду этого рассматривается возможность применения нейросетевой технологии прогнозирования при расчёте тепловой нагрузки на систему отопления [4–6].

Так как тепловой режим зависит от метеорологических условий в обучающую выборку добавляется архив погоды (температура наружного воздуха, атмосферное давление, влажность и скорость ветра) и показатели режима работы котельных установок.

В работе в качестве исходных данных для построения модели прогнозирования были использованы отчеты о ежедневном теплопотреблении многоквартирных домов за три отопительных сезона с 2016–2019 гг. и архив погоды за этот период.

При выборе оптимального метода для построения прогнозной модели теплопотребления необходимо учитывать цель прогноза, интервал и точность прогнозирования, адаптивность модели.

Разработанная программа для ЭВМ позволяет решать задачу оперативного контроля теплопотребления по изменению метеорологических параметров (см.рис). График регулирования разности температур теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах формируется по результатам измерений теплопотребления в режиме реального времени.



Интерфейс одного из рабочих окон программы

.

Разработанная программа для ЭВМ на языке Python для прогнозирования режимов теплопотребления с применением нейросетевых технологий прошла тестирование и получено свидетельство о ее государственной регистрации [7].

По оценке экономической эффективности использование программы сократит время, необходимое на обработку, получение и хранение информации, связанной с решением задачи в 2 раза

Источники

1. ООО «Газпром теплоэнерго Казань» [Электронный ресурс]. URL: https://www.rusprofile.ru/id/7532697 (дата обращения: 11.10.2022).

2. Филиал ООО «Газпром теплоэнерго Казань» «Бавлинский». [Электронный ресурс]. URL: https://bavly.tatarstan.ru/filial-ooo-gazprom-teploenergo-kazan-bavlinsskiy.htm (дата обращения: 05.10.2022).

3. СП 60.13330.2016. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 [Электронный ресурс]. URL: http://sniprf.ru/sp60-13330-2016. (дата обращения: 10.10.2022).

4. Галустов Г. Математическое моделирование и прогнозирование процессов в технических системах [Электронный ресурс]. URL: https:// e.lanbook.com/book/114465 (дата обращения 0.5.11.2022).

5. Русина А.Г., Тувшин О.П, Попов Н.С. Прогнозирование суточного графика электропотребления рабочих дней с учетом метеофакторов для центральной энергосистемы Монголии // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 2. С. 98–107.

6. Сергеев А.П., Тарасов Д.А. Введение в нейросетевое моделирование: учеб. пособие / под общ. ред. А.П. Сергеева. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. 128 с.

7. Прогнозирование режимов теплопотребления на основе нейронных сетей: прогр. для ЭВМ 2020616480 Рос. Федерация; заявл. 05.06.2010; опубл.18.06.20, Бюл. № 6.

УДК 620.92

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Валеев Аяз Ильнурович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
wotaaiaz@gmail.com

В работе рассмотрены варианты использования нетрадиционных источников энергии для отопления жилых помещений, таких как солнечные коллекторы и воздушные камины. Изучены их характеристики и актуальность установки и эксплуатации.

Ключевые слова: теплоснабжение, коллектор, камин, источники энергии.

HEAT SUPPLY OF RESIDENTIAL PREMISES USING NON-TRADITIONAL ENERGY SOURCES

Valeev Ayaz Ilnurovich
Kazan State Power Engineering University, Kazan
wotaaiaz@gmail.com

The article discusses options for using non-traditional energy sources for heating residential premises, such as solar collectors and air fireplaces. Their characteristics and relevance of installation and operation are studied.

Keywords: heat supply, collector, fireplace, energy sources.

Мировой экономический кризис и неустойчивая цена основных топливных ресурсов на рынке располагает к поиску и использованию нетрадиционных источников энергии. Такой подход к вопросу о теплоснабжении является более экологичным по сравнению с традиционными способами отопления. Рассмотрим некоторые из возможных вариантов отопительных систем: солнечный коллектор и воздушный камин.

Солнечный коллектор – это устройство для сбора тепловой энергии солнца, передаваемого в виде излучения, и передачи этого тепла в материал-теплоноситель. Принцип работы солнечных коллекторов основан на трансформации лучистой энергии солнца в тепловую энергию [2]. Происходит это путем нагревания циркулирующего в коллекторе теплоносителя (чаще всего воды) и последующей передачи накопленного тепла.

Солнечные лучи, попадая на коллектор, преобразуются и нагревают теплоноситель, который по трубопроводу поступает в бак или в систему теплоснабжения. В конструкции таких коллекторов есть различия в коллекторах. Существуют плоские и вакуумные коллекторы.

Плоский солнечный коллектор нагревает теплоноситель при помощи пластинчатого абсорбера. Абсорбер – это пластина теплоемкого металла. К нижней поверхности пластины плотно прилегает змеевидная трубка, по которой и циркулирует жидкость.

Вакуумные коллекторы работают по иному принципу. Главным рабочим элементом в вакуумных моделях является не пластина абсорбера, а система вакуумированных трубок и теплосборник [1].

Преимуществами такого способа отопления является отсутствие постоянного материального топлива, экономичность эксплуатации и безвредность для экологии [3]. Недостатками же этого варианта отопления является невозможность полноценного использования в зимний период, когда световой день значительно короче, чем в летнем периоде. Поэтому такие коллекторы могут являться лишь вспомогательным видом отопления, например, как дополнение к газовому котлу, которое будет уменьшать расход газа.

Воздушный камин – устройство, которое использует тепло сгорания твердых веществ (чаще обычных дров) для отопления помещения. К простому камину подключаются конвекционные трубки, которые распределяют тепло сгорания по всем комнатам.

Устройство имеет несколько особенностей, влияющих на эффективность и высокий (по сравнению с очагами открытого типа) КПД. Принцип работы заключается в следующем:

1. Горение происходит в топке закрытого типа. Огонь не контактирует непосредственно с воздухом в помещении. Кислород, необходимый для горения, поступает через специальные конвекционные каналы.

2. Нагрев комнаты осуществляется с помощью естественной или принудительной конвекции воздушных потоков.

3. Теплый воздух поступает в комнаты здания, через систему воздуховодов. Для увеличения теплоэффективности применяется принудительное распределение воздуха.

Недостатком такого способа отопления является необходимость постоянного подвода топлива для горения и наличии дымохода. Кроме того, такой способ отопления не является экологически чистым из-за наличия выбросов в виде продуктов горения [4].

Использование нетрадиционных источников энергии, таких как солнечные конвекторы и воздушные камины безусловно оправдано, и имеет смысл для экономии потребления природного газа. Однако они имеют свои недостатки и не могут использоваться как автономный источник отопления [5].

Источники

1. Бердин В.Х. Возобновляемые источники энергии в изолированных населенных пунктах Российской Арктики. М.: Всемирный фонд дикой природы, 2017. 45 с.

2. Карпенко А.Ф. Логистика поступления солнечной энергии в природные системы Беларуси. Гомель: ГГУ, 2017. 165 с.

3. Власов И.С. Применение солнечных коллекторов в индивидуальных жилых домах // Наука и образование: новое время. 2018. № 6. С. 1–2.

4. Богатырева В.В. Альтернативные топливно-энергетические ресурсы: экономико-управленческие аспекты использования в условиях инновационного развития общества. Новополоцк: ПГУ, 2017. С. 208–212.

5. Елистратов В.В. Возобновляемая энергетика. СПб.: Изд-во политехнического университета, 2016. С. 105–108.

УДК 533; 658.264

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РОТОРНОГО ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА ДЛЯ СИСТЕМ АВТОНОМНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Ведерникова Ксения Олеговна[1], Кесель Борис Александрович[2],
Кесель Людмила Григорьевна[3], Смирнова Анна Сергеевна[4]
[1,3,4]ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева»,
[2]ООО «Научно-производственное предприятие «Авиатехника»,
г. Казань
[1]vedernikova.k11@gmail.com, [2,3]bak1951@yandex.ru, [4]simpleplan259@gmail.com

В статье представлены результаты разработки роторного теплогенератора, выполненного по традиционной роторно-пульсационной схеме с дополнительно встроенными элементами непрерывной кавитации.

Ключевые слова: энергоэффективность, роторный теплогенератор, роторно-пульсационная схема, осциллятор, кавитация.

IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF A ROTARY HEAT GENERATOR FOR AUTONOMOUS HEAT SUPPLY SYSTEMS

Vedernikova Ksenia Olegovna[1], Kesel Boris Alexandrovich[2],
Kesel Lyudmila Grigoryevna[3], Smirnova Anna Sergeevna[4]
[1,3,4] KNRTU-KAI, [2]LLC “Scientific and Production Enterprise “Aviatechnika”,
Kazan
[1]vedernikova.k11@gmail.com, [2,3]bak1951@yandex.ru, [4]simpleplan259@gmail.com

The article presents the results of the development of a rotary heat generator, made according to the traditional rotary pulsation scheme with additionally built-in continuous cavitation elements.

Keywords: energy efficiency, rotary heat generator, rotary pulsation circuit, oscillator, cavitation.

Роторные теплогенераторы нашли определённый сектор использования в автономных системах теплоснабжения объектов бытового и промышленного назначения. Практический опыт их использования показал значительную волатильность параметров их энергоэффективности при одинаковой мощности приводных электродвигателей. Данное обстоятельство обуславливает необходимость поиска решений, позволяющих повысить их энергоэффективность.

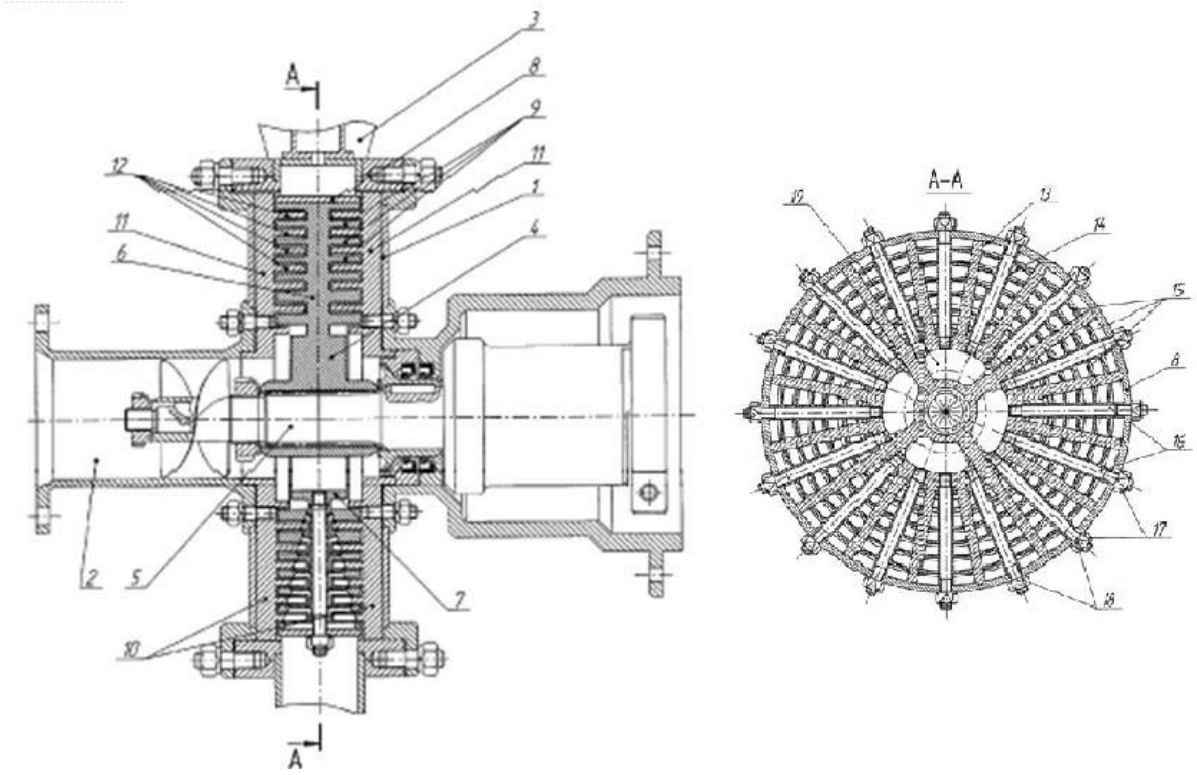
Основная роль в получении тепловой энергии отводится процессу кавитации. Тепловая энергия, полученная за счёт процесса кавитации, обусловлена вторичными нелинейными эффектами в жидкости. Энергия, сообщаемая теплоносителю (рабочей жидкости), за счёт схлопывания кавитационных пузырьков прямо пропорциональна их количеству. Согласно [1–3], Степень развитости кавитации определяется индексом кавитации, который заключается в отношении объёма кавитационного облака к общему объёму жидкости в активной рабочей зоне. При развитой кавитационной зоне значение индекса кавитации стремится к единице. Вторым механизмом генерирования тепла в рабочей зоне роторного теплогенератора является трение в зазоре между ротором и статором. Под воздействием данного механизма рабочая жидкость нагревается за счёт диссипации энергии выделяющейся за счёт трения [4, 5].

Цель работы – повышение энергоэффективности роторного теплогенератора за счёт конструктивных изменений, позволяющих увеличить объём кавитационного облака и усилить характер радиальных и тангенциальных пульсаций рабочей жидкости в рабочей зоне.

На рисунке представлен продольный разрез пульсационного аппарата роторного типа и сечение по ротору устройства (сечение *А-А*): *1* – корпус, *2* и *3* – патрубки входа и выхода, *4* – двухсторонний ротор, *5* – приводной вал, *6*–8 – диск, ступица и обод ротора, *9* – кольцевые цилиндрические элементы ротора, *10* – двухсторонний статор, *11* – диски статора, *12* – кольцевые цилиндрические элементы статора, *13* – радиальные каналы (см. сечение *А–А*), *14* – осцилляторы, *15* – диски осцилляторов, *16* – шпильки, 17 – гайки, *18* – контровочные элементы, *19* – осевые каналы ступицы ротора (см. сечение *А–А*).

Работа теплогенератора осуществляется следующим образом. При возникновении крутящего момента на приводном валу *5* ротор *4* приходит во вращение, через входной патрубок *2* в аппарат поступает обрабатываемая среда, которая посредством каналов *19* ступицы *7* делится на два потока и за счет действия центробежных сил, сквозь радиальные и осевые зазоры между ротором *4* и статорами *10*, последовательно попадает в камеры, образованные боковыми поверхностями радиальных каналов *13* и дисков *15* осцилляторов *14*, где рабочая среда подвергается воздействию пульсационного давления и кавитации. После прохода первой ступени камер по радиальным и осевым зазорам между цилиндрическими

кольцевыми элементами *9* ротора *4* и элементами *12* статора *10* обрабатываемая среда проходит в следующую ступень устройства, затем последовательно до выходного патрубка *3*, через который указанная среда выводится из аппарата. Шпильки *16*, установленные в радиальных каналах *13* ротора *4* с предварительным напряжением, которое обеспечивается тарированной затяжкой при сборке ротора *4* изделия, в процессе работы являются дополнительным источником акустической эмиссии и способствуют более глубокой обработке среды. Пульсационное давление обеспечивается периодическим перекрытием сегментарных участков в кольцевых цилиндрических элементах *9* и *12* ротора *4* и статоров *10*.



Конструкция теплогенератора с элементами длительной кавитации

Таким образом, приведенные выше конструктивные мероприятия обеспечивают необходимый транзитный расход обрабатываемого продукта, реализует процесс кавитации за счет сочетания падающих на диски и отражающихся от них волновых импульсов обрабатываемой в аппарате среды.

Источники

1. Промтов М.А., Акулин В.В. Механизмы генерирования тепла в роторном импульсном аппарате // Вестник ТГТУ. 2006. Т. 12, № 2А. С. 364–369.

2. Дерибасова Е.М., Муканов Р.В., Шишкин Н.Д. Исследование гидродинамики механических теплогенераторов для систем автономного теплоснабжения // Вестник дагестанского ГТУ. Технические науки. 2014. № 3 (34). С. 28–35.

3. Определение основных характеристик теплогенератора: метод. указания к лаб. работе / В.В. Бирюк [и др.]. Самара: СГАУ им. С.П. Королёва, 2014. 24 с.

4. Бритвин Л.Н. К вопросу об энергетике гидродинамических теплогенераторов [Электронный ресурс]. URL: http://tgm-pumps.ru/library/lib_001_energy_hydra_NTG.html (дата обращения: 15.10.2022).

5. Промтов М.А., Степанов А.Ю., Алёшин А.В. Методы расчёта характеристик роторно-импульсного аппарата: моногр. Тамбов: Изд-во ФГБОУВПО «ТГУ», 2015. 148 с.

УДК 533; 658.264

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ТРАДИЦИОННОГО РОТОРНОГО ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА И РОТОРНОГО ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА С ПОВЫШЕННОЙ КАВИТАЦИЕЙ ДЛЯ СИСТЕМ АВТОНОМНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Ведерникова Ксения Олеговна[1], Кесель Борис Александрович[2],
Кесель Людмила Григорьевна[3], Смирнова Анна Сергеевна[4]
[1,3,4]ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева»,
[2]ООО «Научно-производственное предприятие «Авиатехника»,
г. Казань
[1]vedernikova.k11@gmail.com, [2,3]bak1951@yandex.ru, [4]simpleplan259@gmail.com

В статье представлены результаты испытаний роторного теплогенератора традиционной роторно-пульсационной схемы и теплогенератора с встроенными элементами непрерывной кавитации при работе в замкнутом цикле, имитирующем систему автономного теплоснабжения.

Ключевые слова: энергоэффективность, роторный теплогенератор, роторно-пульсационная схема, кавитация.

COMPARATIVE TESTS OF AN ITRADITIONAL ROTARY HEAT GENERATOR AND A ROTARY HEAT GENERATOR WITH INCREASED CAVITATION FOR AUTONOMOUS HEAT SUPPLY SYSTEMS

Vedernikova Ksenia Olegovna[1], Kesel Boris Alexandrovich[2],
Kesel Lyudmila Grigoryevna[3], Smirnova Anna Sergeevna[4]
[1,3,4] KNRTU-KAI, [2]LLC “Scientific and Production Enterprise “Aviatechnika”,
Kazan
[1]vedernikova.k11@gmail.com, [2,3]bak1951@yandex.ru, [4]simpleplan259@gmail.com

The article presents the results of tests of rotary heat generators of a traditional rotary pulsation circuit and a heat generator with built-in continuous cavitation elements when operating in a closed cycle simulating an autonomous heat supply system.

Keywords: energy efficiency, rotary heat generator, rotary pulsation circuit, cavitation.

С целью получения данных по энергоэффективности роторного теплогенератора с встроенными элементами непрерывной кавитации были проведены сравнительные испытания данного теплогенератора и теплогенератора традиционной схемы без встроенных элементов непрерывной кавитации [1–5]. Испытания проводились на специализированном стенде, схема которого представлена на рис. 1, общий вид стенда для испытаний теплогенератора – на рис. 2.

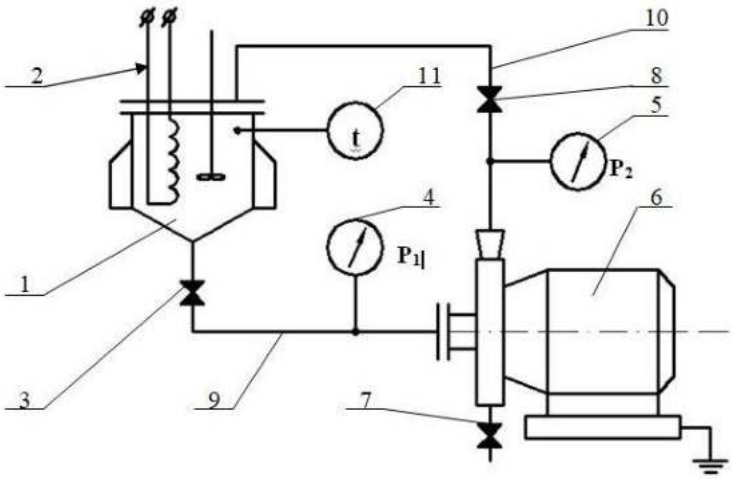


Рис. 1. Схема испытательного стенда

Рис. 2. Общий вид стенда для испытаний роторных теплогенераторов

На рис. 1 приняты следующие обозначения: *1* – емкость для рабочей среды (полный объем – 90 л, рабочий объем – 70 л) оснащена рубашкой нагрева (охлаждения); *2* – ТЭН (не использовался в испытаниях); *3* – вентиль для регулирования расхода рабочей среды на входе в аппарат; *4* – манометр для определения давления рабочей среды P_1 на входе в аппарат; *5* – манометр для определения давления рабочей среды P_2 на выходе из аппарата; *6* – испытуемый роторный теплогенератор; *7* – кран отбора проб (выполнен на теплогенераторе); *8* – вентиль для регулирования расхода рабочей среды на выходе из аппарата; *9* – входной трубопровод подачи рабочей среды в аппарат; *10* – выходной трубопровод рабочей среды; *11* – термопара. Общий вид стенда с роторным теплогенератором представлен на рис. 2. Общий вид роторного теплогенератора традиционной схемы без элементов длительной кавитации представлен на рис. 3.

Рис. 3. Общий вид роторного теплогенератора традиционной схемы
(без элементов длительной кавитации)

В процессе проведения испытаний модификации роторного теплогенератора с элементами длительной кавитации, при обработке воды, был выявлен эффект нагрева указанного теплоносителя с более высоким КПД (до 95 %). При работе установки, в замкнутом цикле, обнаружено, что вода, нагревается и закипает за короткий период времени (70 л воды при начальной температуре 5 °С достигают температуры 100 °С за 10 мин). При испытаниях роторного теплогенератора, выполненного по традиционной схеме (без элементов длительной кавитации), 70 л воды при начальной температуре 5 °С, достигают температуры 100 °С за 16 мин).

Полученные результаты показывают более высокую энергоэффективность роторного теплогенератора с элементами длительной кавитации.

Источники

1. Определение основных характеристик теплогенератора: метод. указания к лаб. работе / В.В. Бирюк [и др.]. Самара: СГАУ им. С.П. Королёва, 2014. 24 с.

2. Бритвин Л.Н. К вопросу об энергетике гидродинамических теплогенераторов [Электронный ресурс]. URL: http://tgm-pumps.ru/library/lib_001_energy_hydra_NTG.html (дата обращения: 15.10.2022).

3. Промтов М.А., Степанов А.Ю., Алёшин А.В. Методы расчёта характеристик роторно-импульсного аппарата: моногр. Тамбов: Изд-во ФГБОУВПО «ТГУ», 2015. 148 с.

4. Лапонов С.В. Исследование гидродинамических явлений в роторно-дисковых смесителях: дис. ... канд. техн. наук. Уфа, 2019. 109 с.

5. Дерко П.П., Лозовский С.З., Свичар Л.И. Роторно-пульсационные устройства. М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1974. 38 с.

УДК 621.311:620.1

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОГО МЕТОДА КОНТРОЛЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ ЖКХ

Галимова Алсу Рузилевна[1], Гапоненко Сергей Олегович[2],
Кондратьев Александр Евгеньевич[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]galimovaar00@mail.ru

В работе рассмотрен виброакустический метод неразрушающего контроля как способ оценки технического состояния трубопроводов жилищно-коммунального хозяйства. В ходе анализа данного метода были рассмотрены теоретические и практические основы виброакустической диагностики неисправностей трубопроводов. Было выявлено, что исследуемый метод позволяет эффективно решать задачи поиска дефектов и оценивать техническое состояние исследуемого объекта.

Ключевые слова: виброакустический метод, эффективность, трубопроводные транспорты, анализ, техническое обследование.

THE EFFECTIVENESS OF THE VIBROACOUSTIC CONTROL METHOD FOR ASSESSING THE TECHNICAL CONDITION OF HOUSING AND COMMUNAL SERVICES PIPELINES

Galimova Alsu Ruzilevna[1], Gaponenko Sergey Olegovich[2],
Kondratiev Alexander Evgenievich[3]
[1,2,3]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]galimovaar00@mail.ru

The paper considers the vibroacoustic method of non-destructive testing as a way to assess the technical condition of pipelines of housing and communal services. During the analysis of this method, the theoretical and practical foundations of vibroacoustic diagnostics of pipeline malfunctions were considered. It was revealed that the method under study makes it possible to effectively solve the problems of finding defects and assess the technical condition of the object under study.

Keywords: heat exchange, steam-gas mixture, heat exchanger, heat transfer, regenerative heat exchanger.

Система теплоснабжения представляет собой комплекс мероприятий по выработке определенного количества тепла для дальнейшей его транспортировки и распределения потребителям жилищного-коммунального сектора. Основная структура теплоснабжения состоит из теплоисточника,

трубопроводов и конечных потребителей тепла [1]. Стоит отметить, что процесс транспортировки тепловой энергии играет важнейшую роль в обеспечении тепла. Зачастую, значительная протяженность трубопроводов централизованных систем теплоснабжения приводят к большим значениям потерь тепловой энергии, что обуславливает рост тарифов ЖКХ. Данная тематика является актуальной в теплоэнергетике и требует решений по устранению возможных утечек теплоносителя в трубопроводах [2].

Целью данной работы является проведение анализа применения виброакустического метода неразрушающего контроля для оценки технического состояния трубопроводов в сфере жилищно-коммунального хозяйства.

На сегодняшний день, эксплуатация трубопроводных тепловых систем неразрывно связана с контролем их технического состояния [3]. Мониторинг состояния трубопроводов включает в себя процесс наблюдения и диагностирования с помощью методов неразрушающего контроля. Одним из наиболее эффективных методов неразрушающего контроля является виброакустический, основанный на измерении и анализе параметров виброакустичских сигналов [4]. Вибродиагностирование объектов получило наибольшее распространение, так как обработка полученных сигналов позволяет получить высокую чувствительность и точность результатов [5]. Изначально, на обследуемый объект устанавливают измерительную аппаратуру, позволяющая обнаруживать дефекты контролируемого объекта на основе данных виброакустических колебаний. Наличие повреждений на корпусе трубопроводных транспортов обуславливается наличием сигналов большой амплитуды и их пиковых значений [6].

Таким образом, снижение тепловых потерь в системах теплоснабжения возможно благодаря эффективному контролю трубопроводов на наличие дефектов. С помощью виброакустического метода неразрушающего контроля мониторинг позволит обнаружить дефекты и спрогнозировать своевременную замену тепловых трубопроводов.

Источники

1. Костюченко А.Ю. Анализ существующих методов неразрушающего контроля строительных конструкций // Аллея науки. 2018. Т. 1, № 6 (22). С. 264–268.

2. Старчук Д.В., Дьяков Д.А., Бавыкин О.Б. Анализ комплексного применения методов неразрушающего контроля // Инновационные разработки в обработке материалов давлением и аддитивном производстве. Качество выпускаемых изделий: матер. Всерос. науч.-техн. конф. М., 2019. С. 356–359.

3. Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е., Мустафина Г.Р. Построение математической модели распространения волн Лэмба в стальном трубопроводе с защитным наружным покрытием // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 4. С. 3–15.

4. Применение неразрушающих методов контроля для мониторинга технического состояния конструкционных материалов в процессе эксплуатации / И.Г. Роберов [и др.] // Дополнение к матер. IV Отраслевой конференции по измерительной технике и метрологии КИМИЛА – 2020. Жуковский, 2021. С. 144–152.

5. Гапоненко С.О. Математическая модель вынужденных колебательных процессов для определения динамического отклика дефектных трубопроводов // Энергия – 2022: матер. XVII Всерос. (IX Междунар.) науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых: в 6 т. Иваново, 2022. С. 65.

6. Шихов А.И., Дунаева Е.Н. Методы и приборы неразрушающего контроля // Тенденции развития науки и образования. 2018. № 43-8. С. 83–85.

УДК 620.179

ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ КОЛЕБАНИЙ ТРУБОПРОВОДОВ ПРИ НАГРУЖЕНИИ ДАВЛЕНИЕМ

Гарнышова Елена Владимировна[1], Измайлова Евгения Вячеславовна[2],
Ваньков Юрий Витальевич[3]
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]garnyshova@mail.ru, [2]evgeniya-izmailova@yandex.ru, [3]yvankov@mail.ru

Увеличить срок службы эксплуатации трубопроводов можно внедрением систем контроля состояния тепловых сетей. В последнее время активно развиваются методы контроля, основанные на модальном и акустическом анализах. Для решения задач использовалось программное обеспечение ANSYS. Целью работы является выявление закономерностей изменения частотных характеристик элемента конструкций.

Ключевые слова: трубопроводы, отложения, метод свободных колебаний, частоты, ANSYS, нагружение давлением.

THE REGULARITY OF CHANGES IN THE NATURAL FREQUENCIES OF VIBRATIONS OF PIPELINES UNDER PRESSURE LOADING

Garnyshova Elena Vladimirovna[1], Izmaylova Evgeniya Vyacheslavovna[2]
Vankov Yuri Vitalevich[3]
[1,2,3]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]garnyshova@mail.ru, [2]evgeniya-izmailova@yandex.ru, [3]yvankov@mail.ru

It is possible to increase the service life of pipelines by introducing systems for monitoring the condition of heating networks. Recently, control methods based on modal and acoustic analyses have been actively developing. The ANSYS software was used to solve the problems. The purpose of the work is to identify patterns of changes in the frequency characteristics of the structural element.

Keywords: pipelines, deposits, free oscillation method, frequencies, ANSYS, pressure loading.

Одной из важнейших задач при эксплуатации трубопроводов является обеспечение надежности их функционирования. Для этого необходимо внедрение систем контроля трубопроводов [1], учитывающих

их конструктивно-технологические и эксплуатационные особенности. Одним из достоверным методом контроля является акустический, в частности метод свободных колебаний, основанный на измерении частоты собственных колебаний [2] и наличии корреляционных зависимостей между упругими константами материала, из которых изготовлено изделие, и такими физико-механическими свойствами, как твердость пористость, плотность, прочность и т. п., а также эксплуатационными характеристиками изделий и параметрами их изготовления.

Эти критерии используются для модального анализа в программном комплексе ANSYS.

Авторами ранее была проведена серия расчетов в программе ANSYS для отработки методики выявления закономерностей изменения частотных характеристик элемента конструкции, который представляет из себя участок трубы, жестко защемленный по обе стороны, при разных условиях: был смоделирован участок чистой трубы длиной 400 мм, внешним диаметром трубы 159 мм, внутренним диаметром трубы 151 мм, материал – структурная сталь (Structural Steel) с плотностью $\rho = 7860$ кг/м^3, коэффициентом Пуассона $\nu = 0{,}3$ и модулем Юнга (модуль упругости) $E = 2 \cdot 10^{11}$ H/м^2; добавлены разные толщины одного вида отложения (0,5, 1, 1,5, 2, 2,5 мм); добавлены отложения с разными плотностями (оксиды кальция, кремния, магния и железа), и определны во всех случаях собственные частоты колебаний этих труб [3–5].

Для того чтобы правильно продиагностировать состояние трубопроводов по анализу собственных частот, необходимо еще учитывать давление транспортируемой среды. Давление жидкости влияет на амплитудно-частотную характеристику трубопровода. Для определения изменения частот при нагружении трубопровода давлением, было смоделировано воздействие среды на внутреннюю стенку трубопровода и осуществлен анализ структурно-жидкостного взаимодействия в ANSYS. Поэтому в новой серии расчетов в ANSYS проведено математическое моделирование того же элемента конструкции с теми же параметрами – чистой трубы и трубы с отложением (оксида кремния с толщиной 0,5 мм) с шагом нагружения давления каждой 1 МПа.

Анализ результатов показал, что собственные частоты колебаний элементов конструкции (как чистые, так и с дефектами) возрастают при нагружении давлением. Причем у участков трубы с отложением интенсивнее возрастают частоты (см. рисунок).

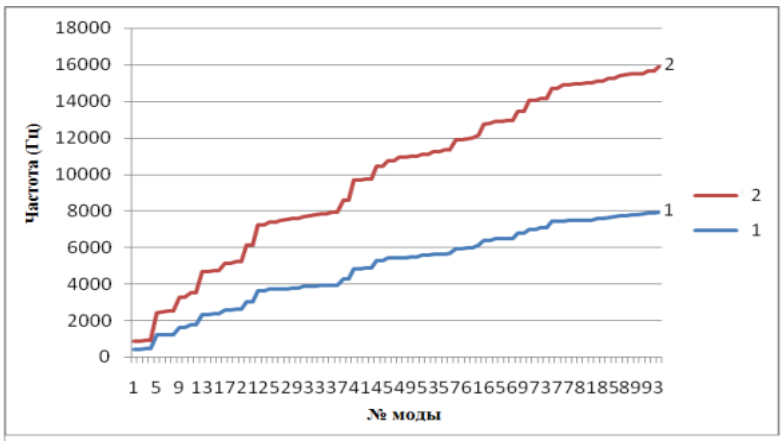


Диаграмма изменения собственных частот колебаний элемента конструкции при созданном в нем давлении: *1* – чистая труба; *2* – труба с отложением

Предлагаемая методика для выявления закономерностей изменения частотных характеристик элемента конструкции, обеспечивает заданную точность и достоверность.

Работа выполнена в рамках гос. задания № 075-03-2021-175/3.

Источники

1. Повышение энергоэффективности контролем трубопроводных систем: моногр. / Ю.В. Ваньков [и др.]. Казань: Изд-во Казанского университета, 2022. 142 с.

2. Гарнышова Е.В., Измайлова Е.В., Ваньков Ю.В. Оценка толщины отложений на внутренней поверхности теплообмена по затуханию собственных колебаний // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22, № 4. С. 106–114.

3. Измайлова Е.В., Гарнышова Е.В., Ваньков Ю.В. Определение информативных критериев для контроля трубопровода с применением ANSYS // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и ЖКХ: матер. VI Нац. науч.-практ. конф.: в 2 т. Казань, 2020. Т. 1. С. 413–416.

4. Измайлова Е.В., Гарнышова Е.В., Ваньков Ю.В. Численное моделирование собственных колебаний поверхностей теплообмена с различными толщинами отложений // Наука, техника и развитие инновационных технологий: матер. науч. конф. посвящ. 30-летнему юбилею независимости Туркменистана: в 2 т. Ашхабат, 2021. Т. 2. С. 145–147.

5. Гарнышова Е.В., Ваньков Ю.В., Измайлова Е.В. Зависимость частоты колебаний поверхности теплообмена от плотности осадка // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: сб. тр. XXVIII Междунар. научн.-техн. конф. Москва, 2022. С. 229.

УДК 621.64

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ

Гатауллина Илюза Мансуровна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
ttolin@inbox.ru

В современных условиях повсеместного развития жилищно-коммунального комплекса необходимо повысить уровень безаварийной работы систем энергоснабжения, наиболее распространенными из которых являются энергопроводы, за счет неразрушающего контроля. Также неразрушающий контроль энергопроводов позволяет оценить остаточный ресурс, спрогнозировать сроки последующего ремонта или замены энергетических коммуникаций. Одним из важных этапов неразрушающего контроля является расчет собственных колебаний трубопроводов под нагрузкой.

Ключевые слова: техническая диагностика, неразрушающий контроль, математическое моделирование, колебание трубопровода

FEATURES OF CALCULATION OF OWN OSCILLATIONS OF ENERGY PIPELINES

Gataullina Ilyuza Mansurovna
Kazan State Power Engineering University, Kazan
ttolin@inbox.ru

In the current conditions of the widespread development of the housing and communal complex, it is necessary to increase the level of trouble-free operation of energy delivery systems, the most common of which are energy pipelines, due to non-destructive testing. Also, non-destructive testing of energy pipelines allows you to assess the residual resource, predict the timing of subsequent repair or replacement of energy communications. One of the important Stages of non-destructive testing is the calculation of the intrinsic oscillations of pipelines under load.

Keywords: technical diagnostics, non-destructive testing, mathematical modeling, pipeline oscillation

Применение технической диагностики энергетических трубопроводов позволяет провести с большой степени достоверности оценку их технического состояния. Известно значительное количество способов контроля, из которых наиболее приемлемым является неразрушающий контроль. Основным преимуществом неразрушающего контроля является физическая целостность объекта исследования, при этом есть возможность оценить степень его годности [1].

Из всего многообразия методов неразрушающего контроля наиболее приемлемым является метод колебаний. При динамической нагрузке трубопровода в результате взаимодействия потока теплоносителя с неподвижными стенками трубопровода возникают механические колебания [2]. Параметры этих колебаний зависят не только от свойств трубопровода, но и его состояния. Так, имеется возможность оценить степень чистоты внутренней поверхности энергетического трубопровода, а также наличие внутренних механических дефектов [3].

С целью определения информативного частотного диапазона проводится построение математической модели процесса колебания трубопровода. Для расчета частот собственных колебаний применяется программный комплекс ANSYS. Это наиболее удобная программная среда с универсальной программой конечно-элементного анализа [4]. С помощью этого программного комплекса возможно решение линейных и нелинейных, стационарных и нестационарных пространственных задач деформации твердого тела с учетом теплопередачи, теплообмена и виброакустики [5].

С целью оценки влияния дефектов различного рода произведено математическое моделирование упругих колебаний стенок трубопровода. Модальный анализ проводился как на бездефектном трубопроводе, так и трубопроводе с различными механическими дефектами различных размеров.

Математическое моделирование проводилось на трубопроводе со следующими параметрами: диаметр трубопровода 72 мм, толщина стенок 4 мм. В этом случае моделирование дефекта не производилось, трубопровод считался условно исправным. Проведен расчет первых 50 собственных мод колебаний, в таблице показан наиболее информативный диапазон от 2 867 до 3 148 Гц.

Таким же образом проведен модальный анализ собственных колебаний исследуемого трубопровода диаметром 72 мм и толщиной стенки 4 мм, но с введенным дефектом. Здесь также проведен расчет первых 50 собственных мод колебаний, в таблице показан наиболее информативный диапазон от 1 605 до 2 798 Гц.

Таким образом, для выбранного трубопровода рассчитана наиболее информативная частота колебаний, на основе которой возможно построение диагностической системы виброакустическим методом [6]. Сравнение частот колебаний дефектного и бездефектного трубопроводов позволяет сделать вывод, что основные моды колебания стенок исследуемого трубопровода при наличии дефекта смещаются в область более низких частот. При этом замечено, что снижение частотного диапазона напрямую связано с размером дефекта.

Источники

1. Разработка методики определения размера коррозионного поражения оболочек акустическим методом / Ш.Г. Зиганшин [и др.] // Энергосбережение и водоподготовка. 2009. № 1 (57). С. 36–38.

2. Improving the methodology for assessing the technical condition of equipment during the transportation of energy carrier in energy systems and complexes [Электронный ресурс] / S.O. Gaponenko [et al.] // International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems. 2019. URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2019/50/e3sconf_ses18_01021.pdf (дата обращения: 23.10.2022).

3. Ваньков Ю.В., Кондратьев А.Е. // Приборы и системы управления. 2004. № 2. С. 45–53.

4. Загретдинов А.Р., Кондратьев А.Е., Зиганшин Ш.Г. Аппаратно-программное обеспечение ударно-акустического контроля композиционных конструкций // Инженерный вестник Дона. 2014. № 4-1 (31). С. 27.

5. Оценка технического состояния подшипников качения виброакустическим методом / М.В. Акутин [и др.] // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2009. № 2. С. 55–57.

6. Загретдинов А.Р., Кондратьев А.Е., Ваньков Ю.В. Разработка прибора и методики ударно-акустического контроля многослойных композиционных конструкций // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2013. № 9-10. С. 97–104.

УДК 621.64

ВИБРАЦИОННАЯ ДИАГНОСТИКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ

Гатауллина Илюза Мансуровна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
ttolin@inbox.ru

Своевременная техническая диагностика энергетических трубопроводов позволяет значительно повышать их безаварийную эксплуатацию, улучшать ресурс работы, а также прогнозировать возможные отказы. Существующие способы диагностики позволяют произвести достаточно точную оценку, но требуют дорогостоящего оборудование и высококвалифицированный персонал. Учитывая это, предлагается применение не менее достоверного, но значительно дешевого вибрационного контроля трубопроводов

Ключевые слова: техническая диагностика, неразрушающий контроль, математическое моделирование, колебание трубопровода.

VIBRATION DIAGNOSTICS OF ENERGY PIPELINES

Gataullina Ilyuza Mansurovna
Kazan State Power Engineering University, Kazan
ttolin@inbox.ru

Timely technical diagnostics of energy pipelines can significantly increase their trouble-free operation, improve the service life, and predict possible failures. Existing diagnostic methods allow you to make a fairly accurate assessment, but require expensive equipment and highly qualified personnel. Given this, it is proposed to use no less reliable, but significantly cheap vibration control of pipelines.

Keywords: technical diagnostics, non-destructive testing, mathematical modeling, pipeline oscillation.

Магистральные сети в любом регионе России серьезно изношены. Большое количество энергетических теплотрасс имеют срок эксплуатации более 20 лет, при этом амортизационный срок безаварийной работы трубопроводов диаметром от 500 до 1000 мм может составлять до 16 лет, что касается внутренних сетей, срок составляет до 8 лет.

Сотни тысяч километров теплотрасс эксплуатируются более 20 лет, хотя амортизационный срок надежной эксплуатации труб больших диаметров (500–800–1000 мм) составляет максимум 16 лет, а внутренних сетей – 8 лет. Хотя, как утверждают специалисты, состояние трубопроводов зависит от эксплуатации, то есть от того, как трубу положили, смонтировали, эксплуатировали и как часто регистрируют

малейшее повреждение магистрали [1]. Кроме того, руководители эксплуатирующих организаций часто не знают, в каком состоянии находятся их сети или вообще не догадываются, сколько километров теплотрасс передано им на баланс. Системы диагностики и контроля необходимы именно для того, чтобы сформировать «пакет» данных о тепломагистрали.

При проведении технической диагностики возможно получение следующих сведений:

– о месте, степени опасности и уровне возможности появления течи, возникновении коррозии металлических трубопроводов, определение утонения стенки трубопровода на 30 % от номинала;

– определение возникшей течи теплоносителя;

– определение вредных факторов внешнего воздействия, таких как затопление, заиливание, появление блуждающих токов.

Любое механическое внешнее или внутренне воздействие вызывает колебание стенок трубопровода, называемые вибрацией. При этом частота и амплитуда таких вибрационных колебаний определяется силой этого воздействия, а также вектором направленности. Таким образом эта зависимость определяет возможность оценки параметров колебаний с целью определения характера внешнего воздействия.

Параметры вибрационных колебаний зависят от состояния объекта и его характеристик, что позволяет производить раннюю диагностику существующих и зарождающихся дефектов. Такая диагностика, основанная на анализе параметров вибрационных колебаний называется вибрационной диагностикой. Вибрационная диагностика относится к неразрушающему контролю и достаточно эффективна применительно к протяженным энергетическим трубопроводам [3].

Также источником колебаний объекта может служить механические соударения деталей объекта исследования. Применительно к трубопроводам таким источником может служить протекающая по ним жидкая или газообразная рабочая среда [4].

Для регистрации таких колебаний применяются различные датчики, установленные непосредственно на трубопроводе. Могут применяться акустические датчики (микрофоны), тогда такая диагностика называется акустической.

В акустической диагностике также проводится анализ параметров акустических колебаний оболочки трубопровода, при этом оценка этих параметров также дает исчерпывающую информацию о состояния объекта контроля [5].

С точки зрения методов технической диагностики и неразрушающего контроля сегодня метод пассивного акустического неразрушающего контроля, основанный на анализе параметров вибрации, возникающей при работе объекта контроля, называют вибрационно-диагностическим методом [6].

Источники

1. Загретдинов А.Р., Кондратьев А.Е., Ваньков Ю.В. Разработка прибора и методики ударно-акустического контроля многослойных композиционных конструкций // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2013. № 9-10. С. 97–104.

2. Оценка технического состояния подшипников качения виброакустическим методом / М.В. Акутин [и др.] // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2009. № 2. С. 55–57.

3. Разработка методики определения размера коррозионного поражения оболочек акустическим методом / Ш.Г. Зиганшин [и др.] // Энергосбережение и водоподготовка. 2009. № 1 (57). С. 36–38.

4. Загретдинов А.Р., Кондратьев А.Е., Зиганшин Ш.Г. Аппаратно-программное обеспечение ударно-акустического контроля композиционных конструкций // Инженерный вестник Дона. 2014. № 4-1 (31). С. 27.

5. Improving the methodology for assessing the technical condition of equipment during the transportation of energy carrier in energy systems and complexes [Электронный ресурс] / S.O. Gaponenko [et al.] // International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems. 2019. URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2019/50/e3sconf_ses18_01021.pdf (дата обращения: 23.10.2022).

7. Ваньков Ю.В., Кондратьев А.Е. // Приборы и системы управления. 2004. № 2. С. 45–53.

УДК 536.2

МОДЕЛЬ МНОГОСЛОЙНОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИТА ИЗ АЭРОГЕЛЯ

Гафиатуллина Камиля Расуловна[1], Крайков Максим Дмитриевич[2],
Ваньков Юрий Витальевич[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]Kgafiatullina@yandex.ru, [2]maksim_kraikov@mail.ru, [3]yvankov@mail.ru

В статье рассмотрено применение программного комплекса COMSOL Multiphysics для исследования тепловых потерь через трубопровод с многослойной теплоизоляцией на основе композита из аэрогеля.

Ключевые слова: композит из аэрогеля, аэрогелевое одеяло, теплоизоляция, теплопроводность.

A MODEL OF MULTILAYER THERMAL INSULATION BASED ON AEROGEL COMPOSITE

Kamilya R. Gafiatullina[1], Maksim D. Kraikov[2], Vankov Yury Vitalievich[3]
[1,2,3]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]Kgafiatullina@yandex.ru, [2]maksim_kraikov@mail.ru, [3]yvankov@mail.ru

The article considers the application of the COMSOL Multiphysics software package for the study of heat losses through a pipeline with multilayer thermal insulation based on an aerogel composite.

Keywords: aerogel composite, aerogel blanket, thermal insulation, thermal conductivity.

В настоящее время актуальной задачей для инженеров и проектировщиков является упрощение процессов расчета и проектирования путем компьютерного моделирования.

Для оптимизации расчетов используют специальные программные пакеты. Эти программы помогают выбрать устойчивые или оптимальные режимы работы системы. В данной работе рассматривается программное обеспечение COMSOL Multiphysics, применяемое для решения мультифизических задач в разных областях физики и химии [1].

Преимуществами программы COMSOL Multiphysics относительно других программных обеспечений, применяемых в той же области [2]:

1) COMSOL Multiphysics является единым продуктом и не раздроблен на семейство подпрограмм;

2) имеет интуитивно понятный интерфейс от построения геометрии до визуализации результатов;

3) имеет широкий диапазон встроенной библиотеки материалов.

В работе был смоделирован стационарный процесс передачи теплоты по трубопроводу с $D_у = 200$ мм, покрытому тепловой изоляцией в виде нескольких слоев аэрогелевого одеяла, коэффициент теплопроводности которого, согласно [3], равен 0,029 Вт/(м·К), толщиной каждого слоя 10 мм, в COMSOL Multiphysics.

Аэрогелевое одеяло – композит на основе кварцевого аэрогеля, обладает небольшой плотностью (36 кг/м^3), низкой теплопроводностью, а также является экологичным материалом [4]. Его можно использовать в условиях высоких температур – до 650 °С.

В работе была смоделирована геометрия трубопровода со слоями изоляции на нем, заданы значения коэффициентов теплоотдачи, давление пара ($t_1 = 300$ °С, $t_2 = 400$ °С) температура пара в трубе и воздуха снаружи ($t_в = 18$ °С), коэффициент теплопроводности материала трубы ($\lambda_{тр} = 80$ Вт/(м·К)) и аэрогелевого одеяла ($\lambda_{из} = 0{,}029$ Вт/(м·К)).

В результате расчета были получены распределения тепловых потоков по данной модели для теплоизоляции из двух слоев аэрогелевого одеяла и для теплоизоляции из трех слоев.

Результаты расчетов представлены в таблице.

Результаты расчета изоляции

Кол-во слоев	Температура на поверхности теплоизоляции при теплоносителе 300 °С, °С	Тепловой поток, Вт/м	Температура на поверхности теплоизоляции при теплоносителе 400 °С, °С	Тепловой поток, Вт/м
1 слой	88,288	179,18	109,35	246,17
2 слоя	60,167	95,696	72,333	130,44
3 слоя	48,283	63,410	56,868	86,498

Сравнивая результаты расчета со справочными данными традиционных видов теплоизоляции [5], можно сделать вывод о том, что при той же толщине теплоизоляции традиционные виды проигрывают по показателям коэффициента теплопроводности, плотности и горючести.

Использование COMSOL Multiphysics позволило произвести расчет основных показателей при моделировании стационарного процесса передачи теплоты по трубопроводу с многослойной теплоизоляцией, и выявить следующие закономерности: с увеличением количества слоев аэрогелевого одеяла произошло уменьшение теплового потока через изоляцию и температуры на ее поверхности.

Таким образом, применение программного обеспечения для моделирования процессов теплопередачи позволило рассчитать тепловой поток и температуру на поверхности теплоизоляции.

Источники

1. Компьютерное моделирование процессов переноса и деформации в сплошных средах: учеб. пособие / В.Е. Анкудинов [и др.]. Ижевск: Удмуртский университет, 2014. 105 с.

2. Будилов И.Н., Жернаков В.С. Решение мультифизических задач на основе цифровых прототипов // Вестник УГГАТУ. 2020. Т. 24, № 3 (89). С. 10–19.

3. Исследование процесса получения теплоизоляционных материалов на основе аэрогелей / А.В. Шиндряев [и др.] // Успехи в химии и химической технологии. 2017. Т. 31, № 6 (187). С. 130–132.

4. Одеяло из аэрогеля уменьшит вредные выбросы в атмосферу [Электронный ресурс]. URL: https://minobrnauki.gov.ru/press-center/news/nauka/57558/ (дата обращения: 09.11.2022).

5. Минеральная вата: виды материала, применение, характеристики и советы по выбору [Электронный ресурс] // Выставка домов – малоэтажная страна. URL: https://m-strana.ru/articles/mineralnaya-vata/ (дата обращения: 09.11.2022).

УДК 621.315.55

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОКОПРОВОДЯЩИХ ШИН С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА COMSOL MULTIPHYSICS

Гервасьева Юлия Романовна[1], Максимов Виктор Владимирович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]yuliya-gervaseva@yandex.ru, [2]viktor.maksimov.1968@mail.ru

В тезисе рассматриваются теоретические вопросы программного комплекса COMSOL Multiphysics при моделировании токопроводящих шин в статическом DC-режиме и в AC-режиме на промышленной частоте. Излагается алгоритм использования программы, позволяющий освоить тонкости работы и получить расчетные данные, необходимые для принятия технических решений.

Ключевые слова: моделирование, шины, интерфейс, частота, режимы.

BUS BUS SIMULATION USING THE COMSOL MULTIPHYSICS SOFTWARE

Gervasyeva Yulia Romanovna[1], Maksimov Viktor Vladimirovich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]yuliya-gervaseva@yandex.ru, [2]viktor.maksimov.1968@mail.ru

The thesis discusses the theoretical issues of the COMSOL Multiphysics software package when modeling busbars in a static

DC mode and AC mode at industrial frequency. An algorithm for using the program is described, which allows one to master the intricacies of work and obtain the calculated data necessary for making technical decisions.

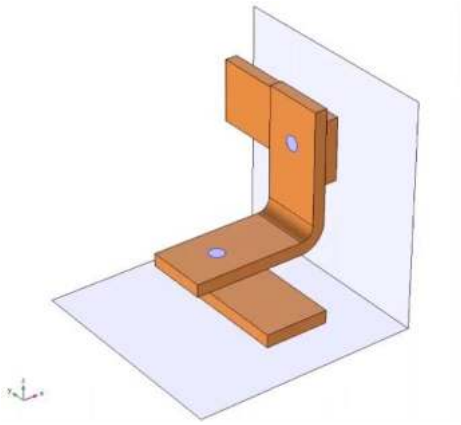
Keywords: simulation, tires, interface, frequency, modes.

COMSOL Multiphysics – это программная среда для моделирования и оптимизации любой физической или физико-химической системы. COMSOL позволяет решать, как прямые задачи, т. е. по заданным входным данным описывать поведение системы или режим работы устройства, так и обратные задачи, т.е. задачи по определению некоторых неизвестных параметров по известным данным, например эмпирические [1].

Шины и токопроводящие системы находят широкое промышленное применение в распределении электроэнергии и других электротехнических установках. Численное моделирование позволяет повысить эффективность разработки таких устройств за счет качественного расчета электрических параметров и характеристик.

1. Токопроводящая шина.

Токопроводящая шина – это две медные пластины, соединенные шиной в форме уголка через титановые болты (см.рисунок). Один конец пластины заземлен, а на второй через терминал подается ток 1 кА, далее посмотрим на систему работы в статике и на промышленной частоте в 50 Гц. Мы предположим, что в процессе работы шина греется при протекании тока, а параллельно производится ее охлаждение в качестве меры которой зададим коэффициент теплоотдачи 50 Вт/(м²·К). В качестве модификации рассмотрим режим x5 по току и x2 по охлаждению [2].



2. Моделирование токопроводящих шин в DC-режиме.

DC-режим, с точки зрения численного моделирования предполагает решение закона сохранения тока в области проводника. В COMSOL Multiphysics для этих целей следует использовать интерфейс группы Electric Currents в связке с исследованием Stationary. Постановка задачи моделирования токопроводящей шины в DC-режиме – зададим электрические граничные условия (заземление, потенциал/терминал), а на выходи получим распределение потенциала, плотности тока и различные сосредоточенные характеристики, в числе которых рассеянная мощность, сопротивление и проводимость [3].

В ходе моделирования получаем результаты токопроводящей шины в DC-режиме:

1) DC: плотность тока и распределения потенциала в шине;

2) DC: удельная мощность потерь и рассеянная интегральная мощность.

3. Моделирование токопроводящих шин в AC-режиме.

При моделировании задач с проводящими элементами, в динамике очень важно учитывать индукционный эффект, поэтому здесь используется интерфейс Magnetic Fields и исследование Frequency Domain.

В расчет нужно включить не только саму шину, но и окружающее пространство для корректного моделирования полей и краевых эффектов. Для удобства используют условие Coil, предназначенное для эффективного моделирования проводников с током. На выходе получим распределение магнитной индукции, плотности тока, а также рассеянной мощности, характеристики сопротивления и индуктивности [4].

Coil позволяет упростить задачу как с расчетной, так и с интерфейсной точки зрения. Фактически она устраняет необходимость явного расчета электрической части задачи. Так же возможно задавать в единый Coil домены с разными материалами с постоянными свойствами [3].

В ходе моделирования получаем результаты токопроводящей шины в АС-режиме:

1) АС: Распределение магнитной индукции и плотности тока в шине;

2) АС: Удельная мощность потерь и рассеянная интегральная мощность [5].

Источники

1. Красников Г.Е., Нагорнов О.В., Старостин Н.В. Моделирование физических процессов с использованием пакета Comsol Multiphysics: учеб. пособие. М.: НИЯУ «МИФИ», 2012. 184 с.

2. Сальников В.Б., Беляков В.А. Расчеты с использованием программного комплекса COMSOL Multiphysics: метод. указания к курсовому и дипломному проектированию. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. 48 с.

3. Pryor Roger W. Multiphysics Modeling: Using COMSOL 5 and MATLAB. Mercury Learning & Information, 2015. 594 p.

4. Компьютерное моделирование процессов переноса и деформаций в сплошных средах: учеб. пособие / В.Е. Анкудинов [и др.]. Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2014. 108 с.

5. Курушин А.А. Решение мультифизических СВЧ задач с помощью САПР COMSOL. М.: «One-Book», 2016. 376 с.

УДК 621.577

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОНАСОСНЫХ ОТОПИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ РОССИИ

Даутов Руслан Радикович[1], Кондратьев Александр Евгеньевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]gluza.dautova@ya.ru, [2]aekondr@mail.ru

В статье изучены перспективы применения тепловых насосов для отопления жилых зданий, а также рассмотрены проблемы, которые связаны с их внедрением и эксплуатацией в климатических условиях России.

Ключевые слова: тепловой насос, система теплоснабжения, низкпопотенциальные источники, возобновляемая энергия, горячее водоснабжение.

FEATURES OF THE APPLICATION OF HEAT PUMP HEATING SYSTEMS IN THE CONDITIONS OF RUSSIA

Dautov Ruslan Radikovich[1], Kondratiev Alexander Evgenievich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]gluza.dautova@ya.ru, [2]aekondr@mail.ru

The article studies the prospects for the use of heat pumps for heating residential buildings, and also considers the problems associated with their implementation and operation in the climatic conditions of Russia.

Keywords: heat pump, heat supply system, low potential sources, renewable energy, hot water supply.

В России тарифы на основные энергоносители, такие как электроэнергия и природный газ, в настоящий момент находятся в таком соотношении, что эксплуатационные расходы на газовое отопление ниже, чем расходы на любой тип альтернативного отопления, доступного на рынке. Так, к примеру, в настоящее время тепловые насосы (ТН), использующие низкопотенциальные источники тепловой энергии рентабельны только в сравнении с электрическим отоплением и теплоснабжением с помощью жидко- и твердотопливных котлов. Данный агрегат представляет собой устройства для выработки тепловой энергии, использующее в качестве источника возобновляемое низкпотенциальное тепло (окружающего воздуха, почвы или воды) [1].

Теплонасосные установки широко применяются в системах теплоснабжения в Европейских странах. Так, в регионах Швеции, Франции, Норвегии, Германии большую часть тепловой энергии потребители

получают от тепловых насосов. В таких странах, как Япония и США, установка теплового насоса в качестве отопительного элемента давно конкурирует наравне с традиционными способами теплоснабжения зданий.

Популярность внедрения тепловых насосов в других странах объясняется теплым климатом, существенно отличающего от климата большей части России. Продолжительность зимнего периода в Европе, США и Японии почти вдвое меньше, а среднегодовая температура имеет положительное значение. Несмотря на данные факторы, использование тепловых насосов в условиях нашей страны возможно но с рядом условий. К ним относятся наличие низкопотенциального источника тепла с постоянной температурой, которая будет достаточна для процесса вскипания хладагента теплового насоса; при использовании в качестве источника тепло грунта нужно учитывать его состав, в случае применения вертикальных зондов для геотермальных ТН необходимо наличие грунтовых вод.

Рациональность использования тепловых насосов зависит также от типа отапливаемого объекта: многоэтажные квартиры или же частное жилое здание. С экономической точки зрения эффективнее внедрять теплонасосные системы в индивидуальные помещения, так как в этом случае он способен покрыть тепловую нагрузку [2].

В зимних условиях с низкими температурами окружающей среды применение низкопотенциальной тепловой энергии поверхностных вод с помощью тепловых насосов является затруднительным, поскольку в этом случае возможно обмерзание трубок испарителя. Это может привести к изменению режима работы агрегата. Кроме этого, чем выше температура низкпотенциального источника, тем выше коэффициент преобразования тепловой энергии, поэтому нецелесообразно в таких условиях использование воздушных ТН.

Из сложностей, связанных с установкой тепловых насосов в России можно выделить следующие: необходимость правильно выбрать тип системы теплоснабжения, дорогостоящие земляные работы при использовании геотермальных ТН, а также отсутствие стимулирования со стороны государства применения отопительных теплонасосных систем [3].

Так как стоимость тепловой энергии, вырабатываемой привычной системой газоснабжения, сопоставима со стоимостью энергии, выдаваемой ТН, в России данные отопительные системы пока не получили широкого применения. Кроме этого, оборудование (газовые котлы) стоят в разы дешевле ТН, а газификация регионов поддерживается и контролируется государством [4].

Система отопления тепловыми насосами исключает большую протяженность тепловых сетей; уменьшает количество потребляемого топлива; улучшает экологическую ситуацию в жилых районах за счет источников, сжигающих органическое топливо; повышает безопасность по сравнению с использованием газовых котлов; позволяет снизить расходы на техническое обслуживание.

Таким образом, развитие отрасли теплонасосных систем тормозят высокая стоимость, холодный климат и неосведомленность населения. Возможно, в будущем, тенденции к увеличению стоимости природного газа и большой стоимости подключения к системам отопления с электрическими котлами, подтолкнут потребителей к использованию отопительных систем на базе тепловых насосов [5].

Источники

1. Гатауллина И.М. Использование тепловых насосов в системах теплоснабжения зданий // Научному прогрессу – творчество молодых. 2018. № 2. С. 71–74.
2. Гатауллина И.М. Особенности утилизации снежной массы в городских условиях с применением теплового насоса // Научному прогрессу – творчество молодых. 2019. № 2. С. 101–104.
3. Даутов Р.Р. Альтернативная система теплоснабжения на базе тепловых насосов // Роль нефтегазового сектора в технико-экономическом развитии Оренбуржья: матер. науч.-практ. конф., посвящ. 2021 году – году науки и технологий. Саратов, 2021. С. 364–368.
4. Даутов Р.Р. Перспективы применения тепловых насосов // Инженерные кадры – будущее инновационной экономики России. 2020. № 5. С. 107–108.
5. Халлыев И., Гильфанов К. Снижение стоимости теплонасосной системы теплоснабжения путем замены коллектора первого контура // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22, № 1. С. 28–37.

УДК 697.7

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ ГЕОТЕРМАЛЬНЫХ СТАНЦИЙ

Зайцева Алина Александровна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
azayceva441@gmail.com

В статье рассмотрена актуальность геотермальной энергетики, определены основные методы добычи геотермального теплоносителя и представлены принципиальные схемы данных методов.

Ключевые слова: конструкция, геотермальная энергетика, технологии.

GEOTHERMAL STATION'S STRUCTURE FEATURES

Zaitseva Alina Alexandrovna
Kazan State Power Engineering University, Kazan
azayceva441@gmail.com

The article considers the relevance of geothermal energy, identifies the main methods of geothermal coolant extraction and presents their schematic diagrams.

Keywords: construction, geothermal energy, technologies.

Ископаемые ресурсы не возобновляемы и конечны, а энергетика должная обеспечивать нас теплом и электричеством всегда. Человечеству пора вплотную взяться за усовершенствование и внедрение в жизнь альтернативных источников энергии, таких как энергия атома, магмы (недр земли), воды и ветра. В случае постройки АЭС требуется специальное сложное оборудование, грамотные специалисты и ядерное топливо, ВЭС требуют сложного аккумуляторного хозяйства и развитой промышленности производства лопастей [1].

Преимуществом геотермальной энергии является хорошо изученный технологический процесс ее добычи, отсутствие требований к чрезмерной безопасности и высокой квалификации кадров. При доступности геотермальных источников ГеоЭС могут стать хорошей альтернативой сжиганию топлива на ТЭС.

Особенности конструкций геотермальных электростанций зависит от параметров теплоносителя – температуры, от состояния среды (вода или пар) [2].

На сегодняшний день геотермальная энергетика использует три схемы добычи теплоносителя из недр земли:

1) прямая с использованием сухого пара;
2) непрямая с использованием водяного пара;
3) смешанная (бинарная).

Принципиальная схема геотермальной тепловой электростанции, работающей на сухом пару представлена ниже на рис. 1.

Метод прямой схемы ГеоЭС заключается в том, что теплоноситель в виде пара поступает из скважины непосредственно в турбину. Далее отработавший пар и сконденсировавшаяся вода могут поступать в систему отопления зданий ГеоЭС для повышения эффективности [3].

Суть метода с парогидротермами (смесь воды и пара, возникшая на глубине в гидротермальной системе благодаря частичному переходу в пар высокотермальных вод) заключается в использовании нагнетателя, который вводит гидротермальный раствор в испаритель. Давление в испарителе снижается, за счёт чего раствор начинает выпариваться. Полученный пар вращает турбину. Данный процесс показан на рис. 2.

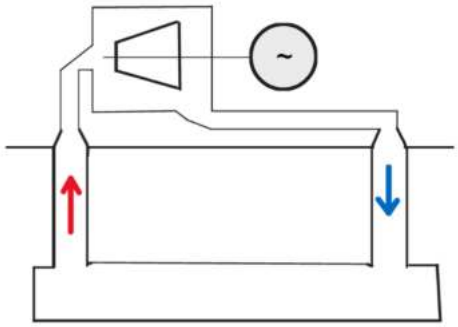


Рис. 1. Прямая схема

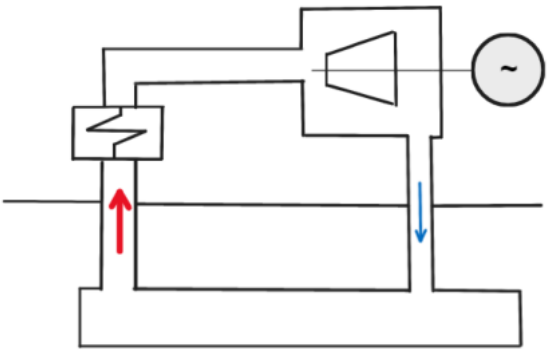


Рис. 2. Непрямая схема

Геотермальные станции с бинарным циклом производства электроэнергии отличается от прямой и непрямой схемы тем, что состоит из двух контуров. В большинстве случаев вода, добываемая на ГеоЭС имеет температуру меньше 200 ℃. На электростанциях с бинарным методом её используют для получения тепловой энергии [4]. Горячая геотермальная вода и жидкость с меньшей температурой кипения пропускают через теплообменник, где за счёт этого происходит выпаривание теплоносителя.

Исходя из рассмотренных схем, самым распространённым является непрямой метод производства тепловой энергии. Однако самым эффективным, на мой взгляд, является бинарный метод. Благодаря движению теплоносителя по обособленному замкнутому контуру уменьшаются затраты на обработку теплоносителя, а также выбросы в атмосферу [5].

Источники

1. Горбунов К.Г., Кондратьев А.Е. Законодательные проблемы теплоэнергетики // Научному прогрессу – творчество молодых. 2019. № 2. С. 111–113.

2. Improving the methodology for assessing the technical condition of equipment during the transportation of energy carrier in energy systems and complexes [Электронный ресурс] / S.O. Gaponenko [et al.] // International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems. 2019. URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2019/50/e3sconf_ses18_01021.pdf (дата обращения: 23.10.2022).

3. Кондратьев А.Е. Особенности построения геотермальной системы теплоснабжения жилого поселка // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VI Нац. науч.-практ. конф.: в 2 т. Казань, 2020. С. 417–419.

4. Шарафисламова Э.А., Кондратьев А.Е. Совместная работа теплового насоса с ветрогенератором малой мощности // Научному прогрессу – творчество молодых. 2016. № 2. С. 256–258.

5. Zagretdinov A.R., Kondratyev A.E., Gaponenko S.O. Reliability Increasing Solutions for Multilayer Composite Structures Shock-Acoustic Control // Proc. of the International Conference on Industrial Engineering. Saint-Petersburg, 2017. Pp. 656–661.

УДК 620.93

УЛУЧШЕНИЕ КОНСТРУКТИВА ПРОМЫШЛЕННЫХ ЖАРОТРУБНЫХ ВОДОГРЕЙНЫХ И ПАРОВЫХ КОТЛОВ

Зубаирова Алия Раисовна[1], Тюлькина Виктория Геннадьевна[2],
Бондарева Елизавета Олеговна[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
a.zubairova@omzit.ru

В статье рассмотрен методы конструктивного улучшения промышленных жаротрубных водогрейных котлов для увеличения срока службы котлов.

Ключевые слова: жаротрубные котлы, конструктивные решения, водный режим.

IMPROVEMENT OF THE DESIGN OF INDUSTRIAL FIRE-TUBE HOT-WATER AND STEAM BOILERS

Zubairova Aliya Raisovna, Tyulkina Victoria Gennadievna,
Bondareva Elizaveta Olegovna
Kazan State Power Engineering University, Kazan
a.zubairova@omzit.ru

The article considers methods of constructive improvement of industrial heat-tube hot-water boilers to increase the service life of boilers.

Keywords: heat-tube boilers, design solutions, water regime.

Современные жаротрубные котлы, которые на сегодняшний день полностью покрывают потребности в паропроизводительности – до 55 т/ч при давлении до 30 бар и температуре пара до 300 °С – явились результатом многолетних исследований и конструкторских разработок [1].

Жаротрубный котел – это тип котла, в котором горячие газы проходят от огня через одну или несколько труб, проходящих через герметичный контейнер с водой. Тепло газов передается через стенки труб за счет теплопроводности, нагревая воду и в конечном итоге создавая пар [2].

Котлы с жаротрубной конструкцией обладают следующими преимуществами:

– высокий КПД, достигающий 92–95 % благодаря эффективному распределению тепла и полному отбору мощности от создаваемого теплового потока при сгорании топлива;

– отсутствие нагрева внешней поверхности корпуса благодаря использованию водяной рубашки;

– высокая теплоёмкость котла и минимальная инерционность нагрева при работе;

– стабильные температурные параметры за счёт полного контроля процесса сгорания топлива;

– безопасность при эксплуатации: риск взрыва по причине высокого роста давления минимален;

– возможность внесения модификаций с целью изменения технических характеристик;

– простота конструкции, позволяющая проводить обслуживание и ремонты без привлечения специалистов;

– компактные размеры, по сравнению с другими типами котлов с аналогичными характеристиками;

– надёжность и долговечность по причине использования жаростойкой стали и минимальному количеству сварных швов;

– возможность применения для обогрева объектов, эксплуатируемых в суровых климатических условиях;

– средний срок службы от 20 до 50 лет;

– отличная ремонтопригодность;

– доступность конструкций под использование различных видов топлива.

Новые конструктивные решения, применяемые в изготовлении жаротрубных котлов, влияют на увеличение срока службы котлов.

Важным фактором является качество водоподготовки, что также влияет на срок службы жаротрубного водогрейного котла. Согласно Разделу 6. Водный режим котлов. 6.2. Водный режим должен обеспечивать работу паровых и водогрейных котлов без повреждения их элементов вследствие отложений накипи и шлама или в результате коррозии металла. 6.3. Периодичность чистки паровых и водогрейных котлов должна быть такой, чтобы толщина отложений на наиболее теплонапряженных участках поверхностей нагрева котла к моменту его остановки на чистку не превышала 0,5 мм. [3]. Конструктивное решение – установка фальштрубной доски (ФТД), что позволяет увеличить скорость теплоносителя от 0,01 до 1 м/с в самых теплонапряженных участках котла для уменьшения застойных зон и предотвращения образования накипи на корнях конвективных труб (рис. 1).

Рис. 1. Установка ФТД в жаротрубном водогрейном котле

Также, важным фактором является технология сборки и сварки конвективных труб с трубной доской в жаротрубных водогрейных и паровых котлах. В следствие накипи на участке стыков соединения конвективных труб и трубной доски со стороны теплоносителя, происходит прогорание плотного шламового отложения и нарушение сварного соединения, что влечет за собой протекание теплоносителя (отщёлкивание конвективных труб). Конструктивное решение – изменение *Y*-образного стыка (рис. 2) на *V*-образный стык (рис. 3) и формирования обратного валика сварного соединения со стороны теплоносителя, тем самым конвективная трубка проваривается во всю толщину трубной доски, что исключает возможности образования плотного шламового отложения.

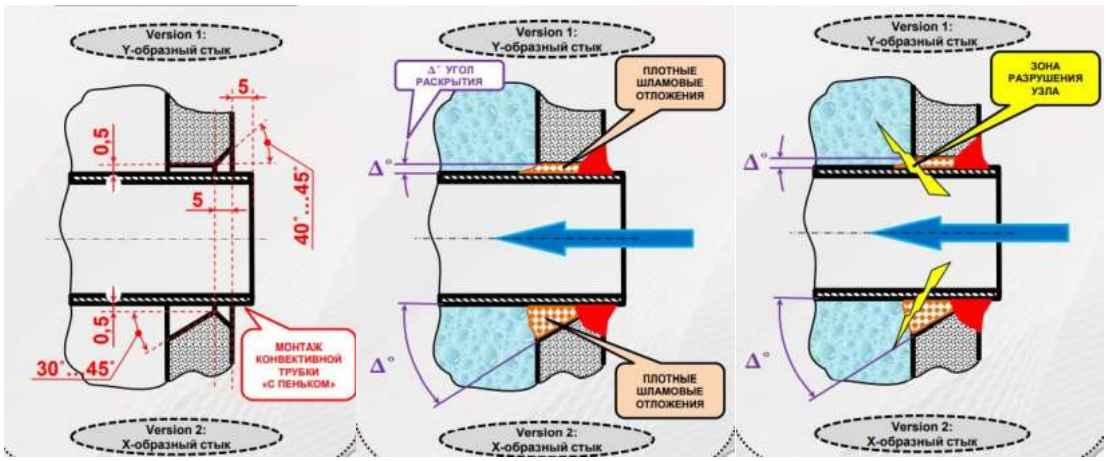


Рис. 2. Схема *Y*-образного стыка

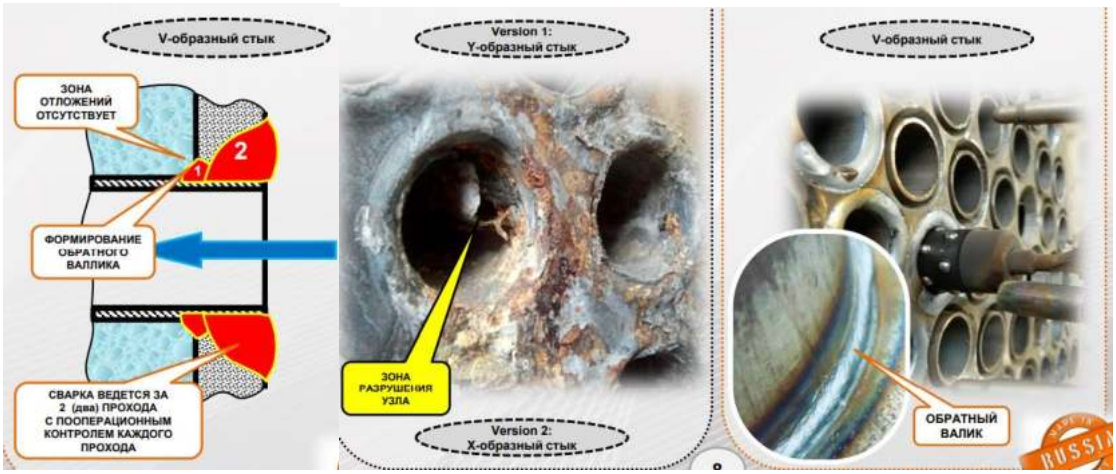


Рис. 3. Схема *V*-образного стыка и формирования обратного валика

Данные конструктивные улучшения жаротрубных котлов позволяют увеличить срок их службы – не менее 25 лет [4].

Источники

1. Битва «титанов»: жаротрубная и водотрубная технологии [Электронный ресурс] // Журнал С.О.К. URL: https://www.c-o-k.ru/articles/bitva-titanov-zharotrubnaya-i-vodotrubnaya-tehnologii (дата обращения: 23.10.2022).

2. Жаротрубный котел [Электронный ресурс] // ВикипедиЯ. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Газотрубный_котёл (дата обращения: 21.10.2022).

3. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых котлов с давлением пара не более 0,07 МПа (0,7 кгс/кв. см), водогрейных котлов и водоподогревателей с температурой нагрева воды не выше 388 К (115 °С) [Электронный ресурс]: утв. Приказом Минстроя РФ от 28 августа 1992 г. № 205. URL: https://sudact.ru/law/pravila-ustroistva-i-bezopasnoi-ekspluatatsii-parovykh-kotlov/ (дата обращения: 23.10.2022).

4. ЗАО «Омский завод инновационных технологий» [Электронный ресурс]: офиц. сайт. URL: https://omzit.ru/ (дата обращения: 23.10.2022).

УДК.620.92

ПРИМЕНЕНИЕ ПОПУТНОГО ГАЗА В КАЧЕСТВЕ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЯ

Кабатьева Алина Юрьевна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
alinochkakabateva@mail.ru

В статье поднимается проблема утилизации попутного газа и рассматриваются варианты его использования в качестве энергоносителя. В пример приводятся две технологии: использование на местах нефтедобычи теплоэнергетических установок на топливных элементах и получение синтезированной нефти.

Ключевые слова: попутный нефтяной газ, синтетическая нефть, топливный элемент, без сернистое топливо, нефте и газодобыча.

APPLICATION OF ASSOCIATED GAS AS AN ENERGY CARRIER

Kabatyeva Alina Yuryevna
Kazan State Power Engineering University, Kazan
alinochkakabateva@mail.ru

The article raises the problem of associated gas utilization and considers options for its use as an energy carrier. Two technologies are given as an example: the use of fuel cell thermal power plants at oil production sites and the production of synthesized oil.

Keywords: associated petroleum gas, synthetic oil, fuel cell, no sulfur fuel, oil and gas production.

Попутный нефтяной газ (далее ПНГ) – это газ, получаемый в качестве побочного продукта при добыче сырой нефти. ПНГ обычно рассматривается как нежелательный побочный продукт, который либо повторно закачивается в пласт либо сжигается в факелах. Каждый год на факельных установках сгорает 150 млрд $м^3$ ПНГ и еще столько же выбрасывается в атмосферу, теряется огромный объем невозобновляемых ресурсов для получения энергии. Потери эквивалентны 30 % потребления газа в Соединенных штатах и Евросоюзе. Кроме того, наносится ущерб окружающей среде [1].

По законодательству Российской федерации (РФ) нефтяные компании обязуются утилизировать до 95 % ПНГ, это происходит благодаря дорогостоящей очистке и кондиционированию газа с последующей подготовкой и транспортировкой, либо вредоносным сжиганием на факельных

установках. Более рентабельным решением становится использование на местах нефте- и газодобычи теплоэнергетических установок, которые используют ПНГ как топливный элемент, либо преобразование его в синтетическую нефть [2].

Одной из компаний, разрабатывающих теплоэнергетические установки на топливных элементах является Производственно-инжиниринговая компания ENCE GmbH с теплоэнергетической установкой на топливных элементах PC-400. Работа установки осуществляется в двух блоках: блок подготовки ПНГ и энергетический блок.

При теплоте сгорания топлива 38 МДж/м^3, стандартное выходное напряжение 400 В при номинальной мощности 400 кВт, потребление газа 1,75 м^3/мин, при этом кпд электрическое составляет 40–42 %, а полное 92 % и не требует потребления воды [3].

Использование теплоэнергетических установок на топливных элементах становится отличным решением для предприятий с добычей малых объемов ПНГ, так как они решают проблему затрат на транспортировку и утилизацию, которые не выгодны для малых количеств попутного продукта. Для переработки больших объемов этот подход экономически не выгоден, ведь очистка от сероводорода требует значительных капитальных вложений.

Существует еще одна технология, позволяющая использовать газ как энергетическое топливо, а именно переработка ПНГ в синтетическую нефть. Из 20 граммов газа и 25 граммов нефти получается одинаковое количество энергии – 1 МДж, но при этом рыночная конъюнктура определяет стоимость нефти в три раза дороже в силу своих потребительских свойств.

Россия лидирует по количествам сжигания ПНГ, использование технологии GTL приведет к снижению этих показателей, а также поможет увеличить дебет нефтедобычи и улучшить экономические показатели добычи. Если рассматривать еще и экологический аспект, то при сжигание синтетической нефти выделяется только углекислый газ и пар, ведь она полностью освобождена от примесей. Такое топливо абсолютно совместимо с дизельными и бензиновыми двигателями, спрос для воздушного, водного и наземного транспорта сохранится еще на несколько десятилетий [4].

С переходом на использование ПНГ в качестве энергоносителя для теплоэнергетических установок и в технологии GTL решает сразу несколько проблем: частичный переход на экологически-чистое топливо; возможность использовать все ресурсы на местах нефте и газодобычи;

повышение экономических показателей добычи нефти и газа. Для использования таких технологий нужно учитывать объемы ПНГ на месторождениях и правильная оценка капитальных вложений [5].

Источники

1. Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е. Перспективы применения биогазовой установки при утилизации органических отходов птицефабрик // Экологическая безопасность в техносферном пространстве: матер. III Междунар. науч.-практ. конф. преподавателей, молодых ученых и студентов, Екатеринбург, 2020. С. 88–90.

2. Алгоритм оптимизации процесса сжигания попутного нефтяного газа в тепловых энергетических установках с учетом непостоянства его состава / В.М. Ларионов [и др.] // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2017. Т 19, № 3-4. С. 3–9.

3. Энергосберегающие технологии [Электронный ресурс]. URL: https://energy-units.ru/ (дата обращения: 02.11.2022).

4. Кондратьев А.Е. Особенности построения геотермальной системы теплоснабжения жилого поселка // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VI Нац. науч.-практ. конф.: в 2 т. Казань, 2020. С. 417–419.

5. Ахметгалиев И.Ф., Кондратьев А.Е. Особенности сепарационной очистки попутного газа // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики: матер. II Междунар. науч. конф. Сумгаит, 2020. С. 228–230.

УДК 620.92

ОСОБЕННОСТИ УТИЛИЗАЦИИ СВАЛОЧНОГО ГАЗА В СИСТЕМЕ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Кондратьев Александр Евгеньевич
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
aekondr@mail.ru

Проблема утилизации бытовых отходов является основной задачей решения экологической проблемы городов и поселков. Добыча и утилизация свалочного газа значительно снижает экологическую интенсивность городских полигонов. Экономический эффект значительно возрастает, если на основе утилизации свалочного газа организована система теплоснабжения жилых или административных зданий.

Ключевые слова: свалочный газ, мусорный полигон, факельная система, теплоснабжение.

FEATURES OF LANDFILL GAS UTILIZATION IN THE HEAT SUPPLY SYSTEM

Kondratiev Alexander Evgenievich
Kazan State Power Engineering University, Kazan
aekondr@mail.ru

The problem of household waste disposal is the main task of solving the environmental problem of cities and towns. Production and utilization of landfill gas significantly reduces the environmental intensity of urban landfills. The economic effect increases significantly if a heat supply system for residential or administrative buildings is organized on the basis of landfill gas utilization.

Key words: landfill gas, landfill, flare system, heat supply.

В современных условиях жизни особо перспективным является внедрение нетрадиционных источников энергии. Известны такие экологически чистые источники энергии, как солнечная энергетика, ветроэнергетика, тепловая энергия Земли, биоэнергетика и пр. [1]. Особое место здесь занимает биоэнергетика, в частности, свалочный газ.

Свалочный газ занимает третье место по способам получения метана после ископаемого топлива и сельскохозяйственного биогаза. Кроме решения энергетической задачи решается также и проблема утилизации органических отходов на свалках различного уровня. Зачастую эта проблема на свалках решается с помощью прямого выделения свалочного газа в атмосферу или, в лучшем случае, сжиганию на факельных системах

с неконтролируемым выбросом вредных веществ. В обоих случаях наносится значительный вред экологическому состоянию свалок, что только подчеркивает актуальность проблемы [2]. Также следует отметить, что свалочный газ является главной причиной возгорания свалок, что может привести к настоящей экологической катастрофе. Кроме этого при содержании в воздухе 5–15 % метана и 12 % кислорода образуется взрывоопасная смесь.

Таким образом, использование свалочного газа целесообразно по следующим причинам:

– применение свалочного газа как топлива для получения электрической или теплой энергии;

– уменьшение вредных выбросов продуктов разложения органических отходов на свалках;

– значительное уменьшение массы мусора на свалках за счет утилизации органических отходов [3].

В работе рассматривается возможность применения свалочного газа для построения системы теплоснабжения трехэтажного административного здания с площадью помещения 1 662 м^2, объемом помещений 8 668 м^3 и примерным количеством посещающих людей в 300 человек. Таким образом, для обеспечения тепловой энергии выбранное административное здание необходимо оборудовать автономной котельной с годовой выработкой тепловой энергии в размере 9 211,52 МВт/год.

Для этой цели выбраны два котла мощностью по 200 КВт, работающих на свалочном газе.

В таблице показано содержание метана в различных газовых смесях.

Состав различных газов

Источник	Состав газа, % (об.)					
	CH_4	C_2H_6	CO_2	N_2	O_2	H_2S
Природный газ (стандартный)	96	2	0,84	1,05	–	–
Свалочный газ (биогаз)	66,75	–	31,75	0,48	0,425	0,06
Спиртзавод(биогаз)	69,3	–	30,2	0,2	0,3	–
Животноводческая ферма(биогаз)	69,14	–	30,36	0,09	–	0,11

Конечно, наиболее целесообразно закладывать газовые скважины в процессе наполнения мусорного полигона. В этом случае металлические газоотводные трубы предпочтительнее, обладаю большим запасом прочности и возможностью проведения технической диагностики, но это экономически весьма затратно [4]. Применение пластиковых труб в процессе

наполнения полигона мусором значительно удешевит процесс добычи газа. В противном случае газовые скважины необходимо с помощью бурение. Процесс бурения связан со множеством проблем: неоднородность слоев мусора, наличие в мусоре твердых отходов, но самое главное – повышенная опасность эксплуатации тяжелой бурильной техники на полигоне [5].

Источники

1. Шарафисламова Э.А., Кондратьев Е.А. Совместная работа теплового насоса с ветрогенератором малой мощности // Научному прогрессу – творчество молодых. 2016. № 2. С. 256–258.
2. Горбунов К.Г., Кондратьев А.Е. Законодательные проблемы теплоэнергетики // Научному прогрессу – творчество молодых. 2019. № 2. С. 111–113.
3. Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е. Перспективы применения биогазовой установки при утилизации органических отходов птицефабрик // Экологическая безопасность в техносферном пространстве: сб. матер. 3-й Междунар. науч.-практ. конф. преподавателей, молодых ученых и сту-дентов. Екатеринбург, 2020. С. 88–90.
4. Improving the methodology for assessing the technical condition of equipment during the transportation of energy carrier in energy systems and complexes [Электронный ресурс] / S.O. Gaponenko [et al.] // International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems. 2019. URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2019/50/e3sconf_ses18_01021.pdf (дата обращения: 23.10.2022).
5. Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е. Особенности конструкций реакторов для получения биотоплива // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики: матер. II Междунар. науч. конф. Сумгаит, 2020. С. 277–280.

УДК 621

ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. НЕКОТОРЫЕ ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ СОВРЕМЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Коныжов Кирилл Вадимович[1], Политова Татьяна Олеговна[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1,2]Konizhov.kirill@mail.ru

В статье рассматриваются проблемы энергетики, а так же некоторые пути решения проблем современной энергетики.

Ключевые слова: энергетика, энергообеспеченность, решение проблем, современная энергетика, тепловая энергия.

ENERGY PROBLEMS. SOME WAYS TO SOLVE THE PROBLEMS OF MODERN ENERGY

Konyzhov Kirill Vadimovich[1], Politova Tatyana Olegovna[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1,2]Konizhov.kirill@mail.ru

The article deals with the problems of energy, as well as some ways to solve the problems of modern energy

Key words: energy, energy supply, problem solving, modern energy, thermal energy.

Энергетика – это отрасль производства, которая развивается очень быстро. При соотношении темпов роста численности населения и энергетики энергообеспеченность быстро растет не только в агрегированном, но и в расчете на душу населения. Нет оснований ожидать, что темпы производства и потребления энергии в краткосрочной перспективе существенно изменятся, поэтому важно получить ответы на следующие вопросы:

– какое влияние на биосферу и отдельные ее элементы оказывают основные виды современной энергетики и как изменится соотношение этих видов в энергетическом балансе в краткосрочной и долгосрочной перспективе;

– возможно ли снизить негативное воздействие на окружающую среду современными (традиционными) способами получения и использования энергии.

В настоящее время потребности в энергии обеспечиваются в основном за счет трех видов энергии: ископаемого топлива, воды и атомного ядра. При этом значительное количество энергии, содержащейся в органическом топливе, используется в виде тепла, и лишь часть ее преобразуется

в электричество. Выделение энергии из ископаемого топлива связано с его сжиганием и, следовательно, с поступлением продуктов сгорания в окружающую среду.

В краткосрочной перспективе тепловая энергия останется доминирующей в энергетическом балансе мира. Некоторые способы и методы использования менее экологически чистого топлива, позволяющие значительно снизить негативное воздействие на окружающую среду. Данные методы основаны на совершенствовании технологий топлива и улавливания опасных отходов. Они включают следующее:

1) применение и совершенствование устройств водоподготовки. В настоящее время на многих тепловых станциях улавливаются в основном твердые выбросы с помощью различных типов фильтров. Один из наиболее агрессивных загрязнителей – сернистый ангидрид, который улавливается в ограниченном количестве. Для того чтобы их улавливать используются специализированные установки для сероочистки и денитрификации;

2) снижение поступления соединений серы в атмосферу путем предварительной десульфурации угля и других видов топлива химическими или физическими методами;

3) реальные возможности снижения загрязняющих веществ в окружающей среде связаны с энергосбережением. Большинство таких возможностей для России за счет снижения энергоемкости получаемых товаров. Не менее реальная экономия электроэнергии за счет уменьшения металлопродукции, повышения ее качества и увеличения срока службы изделий. Перспективно энергосбережение за счет перехода на наукоемкие технологии, связанные с использованием компьютера и других устройств;

4) возможность экономии энергии за счет улучшения теплоизоляции зданий. Важно отметить, что получение электроэнергии на тепловых электростанциях связано с потерей примерно 60–65 % тепловой энергии, а на атомных – не менее 70 % энергии. Энергия теряется и при ее передаче по проводам на расстояние;

5) значительно улучшена топливная экономичность при его использовании вместо ТЭС на заводе ЦВС. Наряду с электричеством в термоэлектрическом используется тепло, которое улавливается охлаждающими агентами. Это значительно снижает вероятность теплового загрязнения водной среды. Самый экономичный способ получения энергии на небольших установках типа ТЭС непосредственно в зданиях. При этом потери тепловой и электрической энергии сводятся к минимуму. Такие методы в отдельных странах находят все более широкое применение.

Источники

1. Афанасьева Е.А., Кислякова М.Д. Основные проблемы энергетики и возможные способы их решения // Молодой ученый. 2017. № 40 (174). С. 1–4.

2. Ушаков В.Я. Современная и перспективная энергетика: технологические, социально-экономические и экологические аспекты. Томск: Изд-во ТПУ, 2008. 469 с.

3. Родионов В.Г. Энергетика: проблемы настоящего и возможности будущего. М.: ЭНАС, 2010. 352 с.

4. Гвоздикова В.И. Глобальная энергетическая проблема и перспективы энергетической безопасности России // Молодой ученый. 2016. № 1. С. 422–425.

5. Сидоров А.А. Использование возобновляемых источников энергии как средство достижения устойчивого развития России // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2015. № 6-2. С. 245–249.

УДК 699.86

ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОСЛОЙНОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИТА ИЗ АЭРОГЕЛЯ

Крайков Максим Дмитриевич[1], Гафиатуллина Камиля Расуловна[2],
Ваньков Юрий Витальевич[3]
[1,2,3]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]maksim_kraikov@mail.ru, [2]Kgafiatullina@yandex.ru, [3]yvankov@mail.ru

В статье представлены основные характеристики композитов из аэрогеля и рассмотрена актуальность применения многослойной теплоизоляции.

Ключевые слова: композит из аэрогеля, теплоизоляция, многослойная теплоизоляция.

THE PROSPECT OF USING MULTILAYER THERMAL INSULATION BASED ON AEROGEL COMPOSITE

Kraikov Maxim Dmitrievich[1], Gafiatullina Kamilya Rasulovna[2],
Vankov Yury Vitalievich[3]
[1,2,3]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]maksim_kraikov@mail.ru, [2]Kgafiatullina@yandex.ru, [3]yvankov@mail.ru

The article presents the main characteristics of aerogel composites and considers the relevance of the use of multilayer thermal insulation.

Keywords: aerogel composite, thermal insulation, multilayer thermal insulation.

По причине постепенного исчерпания топливных энергетических ресурсов, увеличения их стоимости, а также неутихающих споров по поводу негативного воздействия энергетики на окружающую среду большое внимание уделяется процессам энергосбережения. Применение перспективных теплоизоляционных материалов в строительной и энергетической отраслях позволит уменьшить объемы производимой тепловой энергии и снизить затраты на эксплуатацию объектов [1].

Существует большое количество теплоизоляционных материалов, отличающихся составом, свойствами, стоимостью. Например, используют материалы на основе минеральной ваты, стекловолокна, асбеста и прочие теплоизоляционные материалы на неорганической основе, такие, как цементные, известковые и другие вяжущие и их смеси [2].

Перспективными теплоизоляционными материалами являются композиты на основе аэрогеля. Они имеют структуру с открытой пористостью микро- и нанодиапазона и большими площадями поверхности (900 $м^2/г$ или более) [3].

На данный момент разработано большое количество композиционных материалов, содержащих аэрогели в сочетании с другими компонентами, которые придают требуемые свойства композиту. В качестве компонента аэрогеля используют как органические, так и неорганические материалы.

Сравнительные характеристики композитов на основе аэрогеля

Марка	Коэффициент теплопроводности λ, Вт/(м·град)	Плотность ρ, кг/м^3	Температура применения, °С	Толщина, мм
Pyrogel XT-E	0,021	200	–40…650	5, 10
Pyrogel XTF	0,021	180	–40…650	10
Pyrogel XT	0,021	180	–40…650	5, 10
Cryogel Z	0,014	130	–265…125	5, 10
Cryogel x201	0,014	130	–200…200	5, 10
Pyrogel 2250	0,016	170	до 200	2
Pyrogel 6650	0,014	110	до 650	6
Spaceloft	0,014	150	–100…200	5, 10
Spaceloft Subsea	0,014	160	–100…200	5, 10

Автором данной статьи предлагается в качестве теплоизоляции трубопроводов использовать многослойную изоляцию на основе аэрогелевого композита, состоящего из чередующихся слоев хорошо отражающего материала (например, алюминиевой фольга или алюминиэнраванного майлара) и слоев материала с низким значением коэффициента теплопроводности [4].

Многослойная теплоизоляция имеет низкое значение коэффициента теплопроводности. Это объясняется тем, что в ней все виды теплопередачи (теплопроводность, конвекция и излучение) сведены к минимуму. Поскольку теплопередача излучением обратно пропорциональна числу промежуточных отражающих слоев и прямо пропорциональна степени черноты покрытий, такая теплопередача уменьшается за счет использования большого количества слоев материала с низкой степенью черноты. Конвекция исключается за счет уменьшения давления до уровня, при котором средняя длина свободного пробега молекул газа значительно превышает расстояние между слоями изоляции [5].

Таким образом, перспектива применения многослойной теплоизоляции на основе композита из аэрогеля для объектов теплоэнергетики, нефтехимической, строительной и прочих отраслей велика, а применение такого теплоизоляционного материала целесообразна.

Источники

1. Карев Д.С., Мельников В.М., Иванченко А.Б. Расчет потерь теплоты при ее передаче по теплопроводу с применением CAD/CAEтехнологий // Вестник КГЭУ. 2017. № 4 (36). С. 65–73.

2. Гапоненко С.О., Фазлиев Р.А., Калинина М.В. Метод повышения эффективности тепловой изоляции трубопроводов // Вестник КГЭУ. 2021. Т. 13, № 2(50). С. 142–147.

3. Применение аэрогелей для создания теплоизоляционных материалов (обзор) // Научно-технический журнал «ТРУДЫ ВИАМ». URL: http://viam-works.ru/ru/articles?art_id=1422 (дата обращения: 09.11.2022).

4. Многослойная теплоизоляция [Электронный ресурс] // Большая энциклопедия нефти и газа. URL: https://www.ngpedia.ru/id508720p1.html (дата обращения: 09.11.2022).

5. Фрост У. Теплопередача при низких температурах. М.: Мир, 1977. 392 с.

УДК 620.9

ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УТИЛИЗАЦИОННОГО ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА

Куницкий Вячеслав Андреевич
ФГБОУ ВО «ВоГУ», г. Вологда
globee@mail.ru

В статье перечисляются запланированные этапы работы по разработке методики проектирования утилизационных теплообменных аппаратов для отбора теплоты у отработавшей в душе горячей воды с целью осуществления предварительного нагрева холодной воды для использования в душе. Формализуются выполненные и текущие задачи.

Ключевые слова: утилизационный теплообменный аппарат, утилизация теплоты сточных вод, энергосберегающие технологии в ЖКХ.

STAGES OF DEVELOPING A METHOD FOR DESIGNING A UTILIZATION HEAT EXCHANGER

Kunitskiy Vyacheslav Andreevich
FGBOU VO «VSU», Vologda
globee@mail.ru

The article lists the planned stages of work on the development of a methodology for designing waste heat exchangers for extracting heat from the hot water used in the shower in order to preheat cold water for use in the shower. It describes completed and ongoing tasks of the scientific research.

Keywords: wastewater heat exchanger, waste water heat recovery, energy-saving technologies in housing and communal services.

В данный момент в России практически везде при использовании душа отработавшая горячая вода удаляется в канализационные сети без полезного использования. Речь идет об относительно чистой горячей воде, обладающей сравнительно большим потенциалом для вторичного теплового использования.

Сложившаяся ситуация открывает широкое поле для разработки и внедрения энергоэффективных мероприятий в энергетическую часть систем водоснабжения и водоотведения [1, 2].

Существует идея использования утилизационного теплообменного аппарата для отбора теплоты у отработавшей в душе воды с целью предварительного нагрева холодной воды для использования в душе. Авторами научно-исследовательской работы разработано теплообменное устройство (ТОУ) с данным функционалом [3].

ТОУ может применяться в жилых, общественных и промышленных объектах (в хозяйственно-бытовой их части) и позволяет получить существенный энергетический, экономический и социальный эффект [4]. Для эффективного использования устройства необходимо подбирать конфигурацию устройства под конкретные условия эксплуатации (режим работы устройства в течение расчетного периода, время года, требуемый энергетический и экономический эффект).

Основная цель работы – разработка методики проектирования утилизационного теплообменного аппарата.

Основные этапы работы включают в себя: разработку принципиальной схемы ТОУ, выполнение конструктивного, теплового и поверочного расчета, экспериментальное испытание ТОУ при стационарном режиме работы, создание нестационарной математической модели тепловой работы ТОУ [5], верификация нестационарной математической модели тепловой работы ТОУ на основе экспериментального испытания, выработка конкретных требований к устройству ТОУ на основе заданных значений энергетического и экономического эффекта.

На данный момент работа находится на этапе верификации математической модели на основе экспериментального испытания.

Источники

1. Применение солнечной энергии для нужд горячего водоснабжения в городе Казань / Р.Д. Юсупов [и др.] // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 2 (54). С. 48–58.

2. Запольская И.Н. Влияние индивидуальных водо-водяных подогревателей на потребление тепловой энергии многоквартирными домами // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2021. Т. 13, № 3 (51). С. 146–155.

3. Лукин С.В., Куницкий В.А. Разработка способа высокоэффективного горячего водоснабжения с помощью утилизации теплоты канализационных вод // Автоматизация и энергосбережение в машиностроении, энергетике и на транспорте: матер. XV Междунар. науч.-техн. конф. Вологда, 2020. С. 145–148.

4. Чиркова И.Г., Бережной К.М. Анализ занятости в энергетическом секторе экономики региона // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 2 (54). С. 134–141.

5. Ахметова И.Г., Лапин К.В. Исследование нестационарных процессов теплообмена в тепловых сетях централизованного теплоснабжения // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14, № 3 (55). С. 13–26.

УДК 66.045.3

ИННОВАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ АЭРОГЕЛЯ В ТЕПЛОСНАБЖЕНИИ

Макарова Аделя Равильевна[1], Ваньков Юрий Витальевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]adelya.fazdalova@mail.ru, [2]yvankov@mail.ru

В статье проанализирована ситуация использования материалов на основе аэрогеля в энергетическом сегменте российского рынка. Рассмотрены свойства и преимущества аэрогеля.

Ключевые слова: теплоизоляционные материалы, аэрогель, наноматериал.

INNOVATIVE MATERIALS BASED ON AIRGEL IN HEAT SUPPLY

Makarova Adelya Ravilievna[1], Vankov Yuri Vitalievich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]adelya.fazdalova@mail.ru, [2]yvankov@mail.ru

The article analyzes the situation of using materials based on airgel in the energy segment of the Russian market. The properties and advantages of airgel are considered.

Key words: thermal insulation materials, airgel, nanomaterial.

Качественное энергосбережение и обеспечение бесперебойной работы технологических процессов в современной промышленности и трубопроводном транспорте, а так же в системах отопления, водоснабжения и других системах строительства могут обеспечить только современные эффективные технические теплоизоляционные материалы.

Сегодня существует большой выбор теплоизоляционных материалов, которые могут быть применены в качестве удачного утеплителя. К наиболее распространенным традиционным видам тепловой изоляции относится: минеральная вата; пенопласт; стекловата; пенополистирол; вспененный пенополиэтилен; базальтовое волокно; пенополиуретан; керамзит; каучук.

Но бурное развитие энергетической отрасли требует и разработки новейших строительных материалов с уникальными техническими характеристиками и эксплуатационными свойствами, одним из которых является аэрогель – наиболее перспективный и революционный изоляционных материал. Уникальные свойства аэрогеля задают сегодня новые стандарты теплоизоляции для использования в энергетической

отрасли. На сегодняшний день известно, что благодаря своим уникальным свойствам, техническим и эксплуатационным характеристикам аэрогель все более уверенно теснит традиционные виды теплоизоляции.

Теплоизоляция на основе аэрогеля представляет собой гель, где жидкая фаза полностью замещена газообразной. Структура аэрогеля представляет собой нанопоры, внутри которых находится воздух.

Отличительные свойства аэрогеля:

1) малый вес (на 99,8 % аэрогель состоит из воздуха);

2) коэффициент теплопроводности: 0,014-0,021 Вт/(м·К). Данное свойство объясняется эффектом Кнудсена: благодаря порам очень малых размеров, 75 % содержащегося внутри материала воздуха находится в статическом состоянии и не позволяет молекулам проникать сквозь него, что препятствует распространению энергии;

3) стойкость к перепадам температур (от –250 до +1200 °С);

4) жаропрочность;

5) негорючесть;

5) имеет высокую механическую прочность, а так же достаточную гибкость (способен выдержать нагрузку, превышающую его собственный вес в 2000 раз);

6) влагонепроницаем, гидрофобен; (благодаря открытой ячеестой структуре влага, попадающая в материал, тут же испаряется. Данным свойством может быть аргументировано применение аэрогелевой изоляции в условиях повышенной влажности или обильных атмосферных осадков);

7) имеет долгий срок службы (свыше 100 лет без изменения изолирующих свойств).

Так же стоит отметить, что аэрогели являются экологически чистыми и шумоизолирующими материалами [3].

К недостаткам относится высокая стоимость и недостаточная упругость.

Существуют особые виды материалов из нанопористого аэрогеля – криогель (Cryogel) и пирогель (Pyrogel).

Пирогель предствляет собой гибкий теплоизоляционный материал, состоящий из аэрогеля и армированной нетканной стеклянно-волоконной прокладки, применяемый для изоляции промышленных трубопроводов, емкостей и оборудования при температурах до +650 °С.

Достоинства пирогеля: негорючий, водонепроницаемый, паропроницаемый, не содержит опасных веществ и вдыхаемых волокон, прост в монтаже и позволяет произвести высокоэффективную теплоизоляцию при малых затратах материала. Выпускается толщиной 5 и 10 мм.

Криогель – гибкий теплоизоляционный материал, покрытый пароизоляционной пленкой, применяемый для для утепления оборудования, работающего в условиях низких температур, а также для защиты его от наледи и конденсата в пределах от –260 до +90 °С.

Достоинства криогеля: паро- и влагонепроницаемым материал с чрезвычайно низкой теплопроводностью. Материал не содержит опасных веществ и вдыхаемых волокон, слабогорючий, трудновоспламеняем, с малой дымообразующей способностью. Выпускается толщиной 5 и 10 мм.

В заключение можно сделать выводы о том, что одним изосновных направлений в области нанотехнологий в производстве современных теплоизоляционных материалов, в частности аэрогелей, является уменьшение себестоимости продукции за счет снижения затрат на изготовление. При более приемлемой себестоимости и решении проблем внедрения нанотехнологий в строительство [5],теплоизоляционные материалы с применением аэрогелей займут лидирующие позиции на строительном рынке.

Работа выполнялась в рамках гос. задания №075-03-2021-175/3.

Источники

1. Карев Д.С., Мельников В.М., Иванченко А.Б. Расчет потерь теплоты при ее передаче по теплопроводу с применением CAD/CAE-технологий // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2017. № 4 (36). С. 65–73.

2. Гапоненко С.О., Фазлиев Р.А., Калинина М.В. Метод повышения эффективности тепловой изоляции трубопроводов // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2021. Т. 13, № 2 (50). С. 142–147.

3. Пастушков П.П., Гутников С.И., Павленко Н.В., Столяров М.Д. Исследования теплопроводности рулонных материалов на основе аэрогеля // Строительные материалы. 2020. № 6. С. 39–43.

4. Рыбакова О.А., Лысенко А.В., Алмаметов В.Б. Прочная невесомость или аэрогель // Надежность и качество: тр. Междунар. симпозиума. Пенза, 2008. С. 103–104.

5. Исследование процесса получения теплоизоляционных материалов на основе аэрогелей / А.В. Шиндряев [и др.] // Успехи в химии и химической технологии. 2017. Т. 31, № 6 (187). С. 130–132.

УДК 662.767.2

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОТЕХНОЛОГИЙ

Мустафина Гульфия Равилевна[1], Кондратьев Александр Евгеньевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]gulfia999@gmail.com; [2]aekondr@mail.ru

В условиях экономического развития энергетики необходимо учитывать экологическую безопасность производства, в основном для этого используют ресурсосбережение, что означает минимальное использование топлива для технологических целей и избегая при этом пагубное влияние на окружающую среду.

Наиболее развитым и перспективным способом получения энергоносителей безотходного производства является биогазовая промышленность.

С помощью биотехнологий сокращаются выбросы, утилизируются органические отходы, появляется возможность обеспечения газом отдаленные населенные пункты и изготавливаются высокоэффективные удобрения.

Ключевые слова: биогазовая промышленность, биогаз, утилизация, удобрения.

RESOURCE CONSERVATION THROUGH THE USE OF BIOTECHNOLOGIES

Mustafina Gulfiya Ravilevna[1], Kondratiev Alexander Evgenievich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]gulfia999@gmail.com; [2]aekondr@mail.ru

In the conditions of economic development of energy, it is necessary to take into account the environmental safety of production, mainly resource conservation is used for this, which means minimal use of fuel for technological purposes and avoiding harmful effects on the environment.

The most developed and promising way to obtain waste-free energy is the biogas industry.

With the help of biotechnologies, emissions are reduced, organic waste is disposed of, it becomes possible to provide remote settlements with gas and highly effective fertilizers are manufactured.

Keywords: biogas industry, biogas, utilization, fertilizers.

Биотехнологии предоставляют возможность решения проблем агропромышленности, с момента производства энергии с помощью биогазовой установки, нет необходимости вывоза органических отходов, оставшихся с производств, на специально выделенные поля со значительной площадью, как известно, такие территории не возможно использовать для посадки из-за последствий вывоза отходов, а именно, окисления почв и выброса метана в почву, что приводит к парниковому эффекту [1].

Процесс получения биогаза состоит из 4 фаз, которые включают в себя:

– гидролизную фазу для разложения сложных элементов на простые составляющие;

– кислотообразующую фазу для разложения полученных простых составляющих на органические кислоты, аммиак, сероводород и водород;

– ацетогенной фазы при помощи которой преобразуется уксусная кислота под действием ацетогенных бактерий на органические кислоты;

– метаногенеза, при которой уксусная кислота разлагается на метан, углекислый газ и воду [2].

В зависимости от вида сырья определяется необходимый режим температур, количество реакторов, время брожения. Отталкиваясь только состава органических отходов возможно рассмотреть необходимый процесс производства. Например, при использования отходов с птицефабрики необходимо дополнительно обрабатывать сырье высокими температурами, либо использовать дополнительный реактор из-за высокого содержания азота в составе.

При использовании в виде удобрения необработанный птичий помет повреждается почва без возможности дальнейшего применения для аграрного производства, но с помощью, обработанного биогазовой установкой, сырья появляется возможно повысить плодородие почвы [3].

Для начала производства в биогазовой промышленности необходимо загрузить сырье в реактор, в котором происходит постоянное перемешивание сырья для равномерного нагрева отходов. Сам реактор оснащен элементами для постоянного нагрева, которая питается от когенерационного блока, работающий непосредственно на газе с газгольдера, полученном от биогазовой установки. Далее в случае переработки птичьего помета сырье отправляется в следующий реактор с термофильным режимом для обеззараживания. Образовавшийся биогаз легче воздуха, поэтому стремится вверх и собирается под куполом, далее направляется в газгольдеры. Следующим конечным продуктом является высокоэффективное удобрение [4].

При расположении птицефабрики в населенном пункте без возможности газоснабжения. Установка биогазовой станции в этом случае является рациональной, так как полученным биогазом возможно снабжать все его население [5].

Но есть и недостаток, производство биогаза экономически не целесообразно для коммерческих целей, так как для этого необходимы специальные дорогостоящие оборудования, предназначенные для очистки и сбора газа. Поэтому выгоднее использовать установку для отопления, ГВС и электроснабжения самой птицефабрики.

Источники

1. Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е. Перспективы применения биогазовой установки при утилизации органических отходов птицефабрик // Экологическая безопасность в техносферном пространстве: сб. матер. III Междунар. науч.-практ. конф. преподавателей, молодых ученых и студентов. Екатеринбург, 2020. С. 88–90.

2. Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е. Особенности применения биогазовой установки на птицефабрике // Научному прогрессу – творчество молодых. 2020. № 2. С. 38–40.

3. Шакурова Р.З., Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е. Методика проведения оперативного диагностирования трубопроводов энергетических систем и комплексов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22, № 6. С. 188–201.

4. Кондратьев А.Е. Особенности построения геотермальной системы теплоснабжения жилого поселка // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VI Нац. науч.-практ. конф.: в 2 т. Казань, 2020. С. 417–419.

5. Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е. Особенности конструкций реакторов для получения биотоплива // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики: матер. II Междунар. науч. конф. Сумгаит, 2020. С. 277–280.

УДК 662.76

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

Мустафина Гульфия Равилевна[1], Кондратьев Александр Евгеньевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]gulfia999gmail.com, [2]aekondr@mail.ru

В статье рассмотрены различные виды биогазовой установки, предназначенной для смешивания любого вида органических отходов, показан процесс получения биологически чистого газа и высокоэффективного удобрения, которое можно преобразовать в любой вид для внесения в почву с целью повышения плодородия.

Ключевые слова: биогазовая установка, ректор, гидролиз, метантек.

DESIGN FEATURES OF BIOGAS PLANTS

Mustafina Gulfiya Ravilyevna[1], Kondratiev Alexander Evgenievich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]gulfia999gmail.com, [2]aekondr@mail.ru

The article discusses various types of biogas plant designed for mixing any kind of organic waste, shows the process of obtaining biologically pure gas and highly effective fertilizer, which can be converted into any kind for application to the soil in order to increase fertility.

Keywords: biogas plant, rector, hydrolysis, methane tank.

На современном этапе развития биотехнологии важное значение приобретают интенсификация процесса метанового сбраживания и снижение за счет этого капитальных и эксплуатационных затрат.

Биогазовая промышленность в виду широкого распространения усиленно развивается, на сегодняшний день усовершенствуются оборудования, выбор которых зависит от типа сырья, состава, консистенции, температуры брожения.

Раннее для получения биологически чистого газа в биогазовых установках требовался целый месяц и более. На сегодняшний день время сбраживания составляет 10–12 дней [1].

В реакторах горизонтальных типа необходимы большие энергетические затраты для полного перемешивания сырья, кроме того, в них малый диаметр из-за большой длины мешалки, но преимуществом такого вида является непрерывный способ загрузки отходов.

Для переработки жидкого навоза используют новую технологию, в которой время сбраживания сырья сокращается до 8 суток. Это осуществляется при помощи раздельного сбраживания волокнистой и жидкой фракции иммобилизацией активной микрофлоры на пластмассовых носителях в анаэробном фильтре. Тем самым, при помощи комбинации анаэробного фильтра и традиционного биогазового метантека, жидкая фракция сбраживается в течении 2 суток, а волокнистая – в обычном режиме [2].

Также для некоторого вида сырья используют двухступенчатую систему установки с возвратно-поступательным смешиванием отходов. Ацетогенная фаза отделена от метаногенеза и протекает каждая в своем отдельной ёмкости с температурой 55 °С. С помощью этого сокращается время сбраживания, объем такого реактора составляет более 1000 м^3, предназначенное для 1200 голов крупно-рогатого скота и растительности.

Сам реактор разделен решетчатой диафрагмой, сверху которая находится сыпучая масса, которая представляет собой объемный фильтр, предназначенный для разделения на жидкую и густую фракцию [3].

Также существует установка, предназначенная для одновременного осуществления процесса гидролиза и метанообразования, показаннвя на рисунке. В виду быстрого размножения гидролизных бактерий, они получают большое количество питательных веществ, тем самым, ускоренно вырабатывают жирные кислоты, которые анаэробные бактерии не могут переработать ы ограниченное для процесса время. Поэтому использование гидролизного блока весьма эффективно. Сам гидролизный блок с отоплением герметичен и состоит из насосной станции, входного сепаратора, смесителя. Далее с помощью насоса через вход к ферментору подается сырье. Эффективность выделения газа зависит от количества сырья, добавляемого в ферментатор [4].

С помощью данной модели появляются возможности:

– бесперебойной работы установки;

– исключения плавающего слоя в сырье и постоянного перемешивания;

– при помощи разложения целлюлозы повышается газоотдача;

– загрузки большого количества сырья при этом с меньшим размером ферментатор;

Конечный продукт в виде удобрения может быть в жидком виде для внесения в почву, также его можно высушить, гранулировать или изготовлять компосты при помощи смешивания определенных пропорций с различным составом [5].

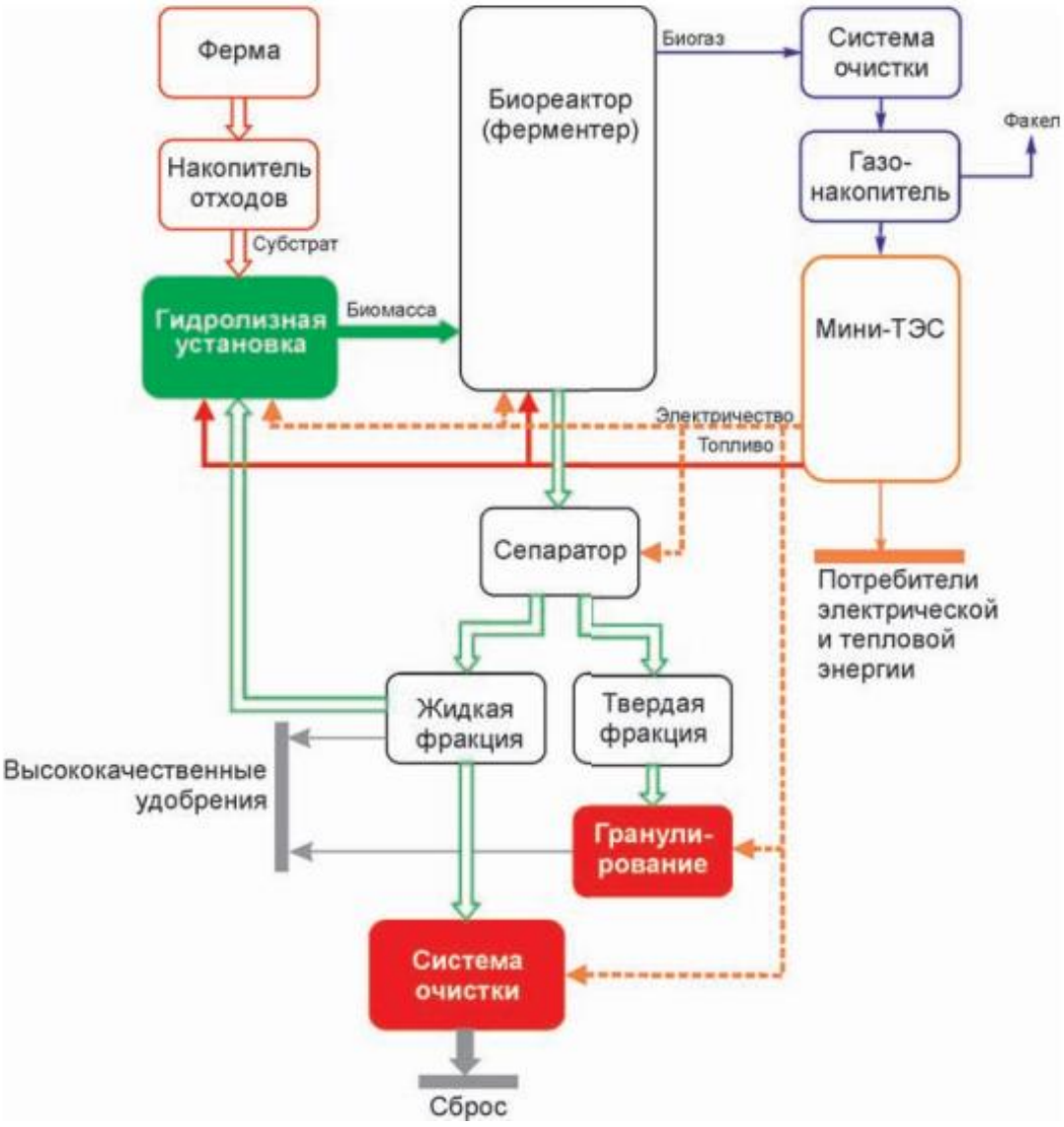


Схема биогазовой установки

Используя сырье без переработки, почва из-за агрессивного состава теряет свое плодородие, поэтому для начала необходимо обеззаразить, обработать и убрать неприятный запах с помощью биогазовой установки.

Источники

1. Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е. Перспективы применения биогазовой установки при утилизации органических отходов птицефабрик // Экологическая безопасность в техносферном пространстве: сб. матер. III Междунар. науч.-практ. конф. преподавателей, молодых ученых и студентов. Екатеринбург, 2020. С. 88–90.

2. Мустафина Г. Р. Особенности применения биогазовой установки на птицефабрике / Г. Р. Мустафина, А. Е. Кондратьев // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2020. – № 2. – С. 38-40. – EDN FROXKA.

3. Шакурова Р.З., Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е. Методика проведения оперативного диагностирования трубопроводов энергетических систем и комплексов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22, № 6. С. 188–201.

4. Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е. Особенности конструкций реакторов для получения биотоплива // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики: матер. II Междунар. науч. конф. Сумгаит, 2020. С. 277–280.

5. Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е. Технология ферментации биогазовой установки // XXIV Всерос. студенческая науч.-практ. конф. Нижневартовского гос. ун-та: матер. конф. / под общ. ред. Д.А. Погонышева. Нижневартовск, 2022. С. 200–205.

УДК 662.76

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА БИОГАЗА

Мустафина Гульфия Равилевна [1], Кондратьев Александр Евгеньевич [2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
[1]gulfia999gmail.com, [2]aekondr@mail.ru

Аннотация: В статье рассмотрены различные виды биогазовой установки, предназначенной для смешивания любого вида органических отходов, показан процесс получения биологически чистого газа и высокоэффективного удобрения, которое можно преобразовать в любой вид для внесения в почву с целью повышения плодородия.

Ключевые слова: биогазовая установка, ректор, гидролиз, метантек.

ECONOMIC JUSTIFICATION OF BIOGAS PRODUCTION

Mustafina Gulfiya Ravilyevna[1], Kondratiev Alexander Evgenievich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]gulfia999gmail.com, [2]aekondr@mail.ru

The article discusses various types of biogas plant designed for mixing any type of organic waste, shows the process of obtaining biologically pure gas and highly effective fertilizer, which can be converted into any kind for application to the soil in order to increase fertility.

Keywords: biogas plant, rector, hydrolysis, methane tank.

Центральным звеном, в котором осуществляется основной процесс производства биогазовой промышленности является ферментатор.

Сам ферментатор цилиндрической формы из эмалированной стали. Внутри нее располагаются мешалки пневматического или гидравлического перемешивания, вид которых определяется от обрабатываемого сырья и типа реактора. Но все они должны быть с приводом высокого качества, и обладать коррозионностойкими свойствами. Наличие мешалок необходимо для того, чтобы исключить плавающий слой на поверхности и достижения равномерного нагрева сырья.

Ферментатор изолируют 200–300 мм слоем стекловаты для оптимальной работы даже при температуре –40 °С, показанный на рис. 1.

Перед загрузкой в ферментатор ежедневно собирают субстрат, а затем его измельчают до необходимой консистенции, транспортируя его при помощи насоса и гомогенизируя смесителями. Сам реактор должен

быть герметичен без возможности попадания воздуха внутрь, насосом направлятся переработанное и измельченное сырье до 12 раз за сутки и то же самое количество освобождается с рекатора. Для исключение обратной подачи навоза в ферментор устанавливается специальная задвижка. Для оптимальной работы автоматическим температурным сенсором поддерживается постоянная температура мезофильного режима.

Рис. 1. Облицовка ферментера слоем стекловаты

Образовавшийся биологически чистый газ собирается под куполом ферментера, а давление газа регулируется при помощи клапана.

Эксплуатация выработавшегося газа осуществляется в блочной электростанции для получения тепловой и электрической энергии, предназначенной для обогрева реактора, показанной на рис. 2.

Рис. 2. Блочная электростанция

Применение высокоэффективных органических удобрений (Патент РФ № 22 48 955) позволяет повысить урожайность на 20–40 % (в зависимости от культуры) и практически полностью отказаться от применения химических удобрений. Стоимость проекта 8 млн руб. Производительность БЭУ в год: по биогазу – 72 тыс. $м^3$, по энергии – 438 тыс. кВт·ч, по удобрениям – 1 825 т. Экономия по минеральным удобрениям – 15 840 000 руб., по энергоресурсам – 2 420 480 руб. Суммарная экономия достигает 6 260 480 руб. Срок окупаемости проекта – 1,27 года.

Источники

1. Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е. Перспективы применения биогазовой установки при утилизации органических отходов птицефабрик // Экологическая безопасность в техносферном пространстве: сб. матер. III Междунар. науч.-практ. конф. преподавателей, молодых ученых и студентов. Екатеринбург, 2020. С. 88–90.

2. Мустафина Г. Р. Особенности применения биогазовой установки на птицефабрике / Г. Р. Мустафина, А. Е. Кондратьев // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2020. – № 2. – С. 38-40. – EDN FROXKA.

3. Шакурова Р.З., Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е. Методика проведения оперативного диагностирования трубопроводов энергетических систем и комплексов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22, № 6. С. 188–201.

4. Кондратьев А.Е. Особенности построения геотермальной системы теплоснабжения жилого поселка // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: матер. VI Нац. науч.-практ. конф.: в 2 т. Казань, 2020. С. 417–419.

5. Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е. Особенности конструкций реакторов для получения биотоплива // Актуальные вопросы прикладной физики и энергетики: матер. II Междунар. науч. конф. Сумгаит, 2020. С. 277–280.

6. Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е. Технология ферментации биогазовой установки // XXIV Всерос. студенческая науч.-практ. конф. Нижневартовского гос. ун-та: матер. конф. / под общ. ред. Д.А. Погонышева. Нижневартовск, 2022. С. 200–205.

УДК 628.84

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ДЛЯ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Новосельцева Екатерина Сергеевна[1], Саитов Станислав Радикович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]katya-novoselceva@mail.ru, [2]caapel@mail.ru

Комфортная и оптимальная температура в жилых помещениях для каждого человека разная. Но несмотря на предпочтения, необходимо придерживаться нормам СанПиН и ГОСТ. Существует несколько условий для правильного измерения температуры в жилых помещениях, которые описаны в статье.

Ключевые слова: жилые помещения, температура, нормы, замеры, показатели.

DETERMINATION OF THE OPTIMAL TEMPERATURE FOR RESIDENTIAL PREMISES

Novoseltseva Ekaterina Sergeevna[1], Saitov Stanislav Radikovich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]katya-novoselceva@mail.ru, [2]caapel@mail.ru

Comfortable and optimal temperature in residential premises is different for each person. But despite the preferences, it is necessary to adhere to the norms of SanPiN and GOST. There are several conditions for the correct measurement of temperature in residential premises, which are described in the article.

Keywords: living quarters, temperature, norms, measurements, indicators.

Комфортная температура – это, прежде всего, выбор каждого человека: одни любят прохладу и для них комфортно в +18 °С, другим уютно, только когда температура выше +22 °С, всё зависит от личных предпочтений и особенностей организма.

Однако невзирая на предпочтения, действительно следует придерживаться температурным нормам, подходящих для организма человека. Для этого нужно знать, какая температура должна быть в жилых помещениях, согласно принятым законодательным актам и нормативам – ГОСТ 30494-2011 и СанПиН [1].

Это позволит не только осуществлять контроль за комфортным для состояния здоровья температурным режимом, но и отстоять свои права, в случае несоотвествия нормативам, к примеру, подать жалобу в управляющую компанию.

Согласно ГОСТу 30494-2011 и СанПиН [3] для жилых помещений установлены следующиеоптимальные и допустимые нормы температур воздуха. В холодный период оптимальная температура – 20–22 °С, допустимая температура – 18–24 °С. В теплый период оптимальная температура – 22–25 °С, допустимая температура — 20–28 °С [4].

Оптимальная температура для жилых помещений – это показатели, которые при длительном воздействии на человека обеспечивают естественное состояние организма и ощущение комфорта.

Допустимые показатели – значения, которые при долгом воздействии на человека могут привести к чувству дискомфорта, ухудшению самочувствия и понижению работоспособности, но при этом не вызывают ухудшение здоровья.

Замер температурных параметров в квартире по СанПиН и ГОСТ 30494-2011 п. 4.3 [2] проводится с целью поиска нарушений требуемых эксплуатационных параметров, установленных действующими нормативами. Для снятия показателей в 2022 г. следует использовать качественные (высокоточные)электронные термометры и выполнить следующий алгоритм:

Комната должна быть изолирована от свободного поступления воздуха с улицы или из соседних помещений. Для этого требуется плотно закрыть квартирные и межкомнатные двери, а также окна, фрамуги и форточки. При наличии приточной вентиляции или системы кондиционирования, электродвигатели нужно на время обесточить.

Замеры температуры в жилом помещении по СанПиН следует производить во время отсутствия прямых солнечных лучей, вызывающих тепловое излучение. Во время снятия показателей, не рекомендуется удерживать термометр в руках, на весу. Дополнительное тепловое воздействие человеческого тела может привести к неверным результатам измерений. Вне зависимости от марки и модификации прибора, для снятия показателей температуры в квартире по СанПиН в 2022 г. следует выждать от 10 до 20 минут для определения точной температуры в обследуемой комнате. По возможности рекомендуется использовать сразу несколько термометров, после чего сравнить результаты показаний.

Для стандартных квартирных помещений, имеющих одну наружную стену, разрешается проводить замеры в зоне максимальных тепловых потерь, вблизи ограждающих конструкций. Для угловых комнат необходимо определять климатические значения около каждой наружной стены.

Для получения точного результата температуры в квартире требуется снятие показаний в зонах теплотехнической неоднородности и в центре жилого помещения. В качестве окончательного результата по СанПиН в 2022 г. принимаются средние значения по итогам нескольких измерений [5].

Подкрепляя теоретические знания, я провела исследования на практике. Было собрано 100 человек, их помещали в разные комнаты с определенной температурой. Исходя из исследований можно определить оптимальную температуру для человека, она равна +21 °С.

Источники

1. Санитарно-эпидемиологическое нормирование [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс» (дата обращения: 10.11.2022).
2. ГОСТ 30494-2011. Межгосударственный стандарт: здания жилые общественные. Параметры микроклимата в помещениях [Электронный ресурс]. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200095053 (дата обращения: 10.11.2022).
3. Нормы температуры в квартире [Электронный ресурс]. URL: https://www.law.ru/article/25738-normy-temperatury-v-kvartire (дата обращения: 10.11.2022).
4. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «Гарант» (дата обращения: 10.11.2022).
5. Температурные нормы, и где их смотреть [Электронный ресурс]. URL: https://assistentus.ru/forma/akt-zamera-temperatury-v-pomeshhenii/ (дата обращения: 10.11.2022).

УДК 621-313.3

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ НАГРЕВАТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА ПЛОСКОГО ТИПА

Пономарев Роман Андреевич[1], Ваньков Юрий Витальевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]romanponomarevich@mail.ru, [2]yvankov@mail.ru

В статье рассмотрено создание экспериментальной нагревательной установки. В качестве нагревателя использовался инфракрасный элемент теплого пола. Установка позволяет определять коэффициенты теплопроводности различных теплоизоляционных материалов.

Ключевые слова: нагреватель, экспериментальная установка, теплый пол, теплоизоляция.

EXPERIMENTAL HEATING FACILITY OF FLAT TYPE

Ponomarev Roman Andreevich[1], Vankov Yuriy Vitalevich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]romanponomarevich@mail.ru, [2]yvankov@mail.ru

The article discusses the creation of an experimental heating system. An infrared element of the underfloor heating was used as a heater. The installation allows you to determine the heat conductivity coefficients of various thermal insulation materials.

Keywords: heater, experimental installation, underfloor heating, thermal insulation.

В 2020 г. на базе КГЭУ была создана молодежная научно-исследовательская лаборатория «Умные наноматериалы для повышения эффективности». Главной задачей стало создание нового вида теплоизоляции с применением микросфер. Для проведения экспериментов с образами теплоизоляционных красок был создан экспериментальный стенд (рис. 1), который позволяет регулировать и поддерживать температуру нагрева [1,3], Время до полного нагрева составляет 1 ч.

Главными требованиями к установке были:

1) равномерная поверхность нагрева;

2) доступный нагревательный элемент, с максимальной температурой нагрева не менее 60 °С;

3) поддержание постоянной температуры.

В качестве нагревателя был выбран инфракрасный элемент теплового пола, с рабочей температурой 40–80 °С (рис. 2) [2, 4]. Присоединение к медным контактам нагревателя осуществляется с помощью зубчатых

зажимов, для предотвращения короткого замыкания места присоединения были заизолированы мастикой. Далее провода подключаются к входам нагрузки ЛАТРа типа РНО-250-2А. Далее подключение ЛАТРа к сети осуществляется через терморегулятор STC-1000.

Рис. 1. Общий вид экспериментальной установки

Рис. 2. Нагревательный элемент

Принцип работы терморегулятора, в данном эксперименте, заключается в отключении нагревательной установки «соответственно ЛАТРа» при достижении необходимой температуры и обратном включении

при пройденном гистерезисе. Температура отключения ЛАТРа и интервал гистерезиса вводятся в память терморегулятора и сохраняется даже при его выключении.

Для уменьшения распространения теплоты вниз, нагревательный элемент был положен на фторопластовую пластину. Все это находилось на металлическом каркасе высотой 7 см. Для равномерной поверхности нагрева сверху нагревателя была наложена металлическая пластина с толщиной 1,5 мм [3, 5].

Источники

1. Определение эффективной теплопроводности базальто-армированного композитного материала методом стационарного теплового режима / К.Н. Большев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2016. Т. 59. № 7. С. 578–583.

2. Куманеев Н.А. Устройство, монтаж и область применения теплого пола // Academy. 2019. № 10 (49). С. 30–31.

3. Численное исследование теплопроводности композитного теплоизоляционного материала с микрогранулами / С.А. Соловьев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, №. 1. С. 86–98.

4. Исследование коэффициента теплопроводности изоляции из базальтового волокна при различных температурных режимах / Э.Р. Базукова [и др.] // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. 2021. № 4. С. 15–24.

5. Ли Р.И., Быконя А.Н. Математическая модель инфракрасного нагрева корпусной детали // Инновационные технологии реновации в машиностроении. 2019. С. 140–143.

УДК 621-313.3

ПОДКЛЮЧЕНИЕ НЕСКОЛЬКИХ ТЕРМОПАР К-ТИПА К ARDUINO UNO

Пономарев Роман Андреевич[1], Ваньков Юрий Витальевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]romanponomarevich@mail.ru, [2]yvankov@mail.ru

В статье предложен способ последовательного подключения нескольких термопар К-типа к Плате Arduino UNO, расписан принцип работы передачи данных через модуль MAX6675, пояснен способ передачи данных с Arduino в Microsoft Excel .

Ключевые слова: коэффициент теплопроводности, Arduino, термопара, температура.

CONNECTING MULTIPLE K-TYPE THERMOCOUPLES TO ARDUINO UNO

Ponomarev Roman Andreevich[1], Vankov Yuriy Vitalevich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]romanponomarevich@mail.ru, [2]yvankov@mail.ru

The article proposes a way to serially connect several K-type thermocouples to the Arduino UNO Board, describes the principle of data transfer through the MAX6675 module, explains how to transfer data from Arduino to Microsoft Excel.

Keywords: heater, experimental installation, underfloor heating, thermal insulation.

Термопара (термоэлектрический преобразователь) – устройство, которое состоит из пары проводников из различных материалов, соединённых на одном конце и формирующих часть устройства, использующего термоэлектрический эффект для измерения. Применяется в промышленности, научных исследованиях, медицине и системах автоматики, в основном для измерения и регулирования температуры [1].

Для подключения термопары к плате Arduino UNO существует модуль MAX6675 (рис. 1), который оцифровывает данные с термопары и передает их на плату [2].

Рис. 1. Модуль MAX6675

Модуль имеет 5 соединительных контактов:

GND – (–), питание модуля;

VCC – (+), питание модуля;

SCK – тактовые импульсы;

CS – вывод интерфейс SPI (ведущий передает);

SO – вывод интерфейс SPI;(ведущий принимает);

Если GND и VCC отвечают за питание модуля, то SCK, CS, SO отвечают за передачу данных.

Для экономии пинов на плате Arduino, можно подключить последовательным соединением контакты SCK и SO используя макетную плату и перемычки (рис. 2). Выход CS будет определяющим для каждой термопары, потому для каждого CS входа должен быть свой пин.

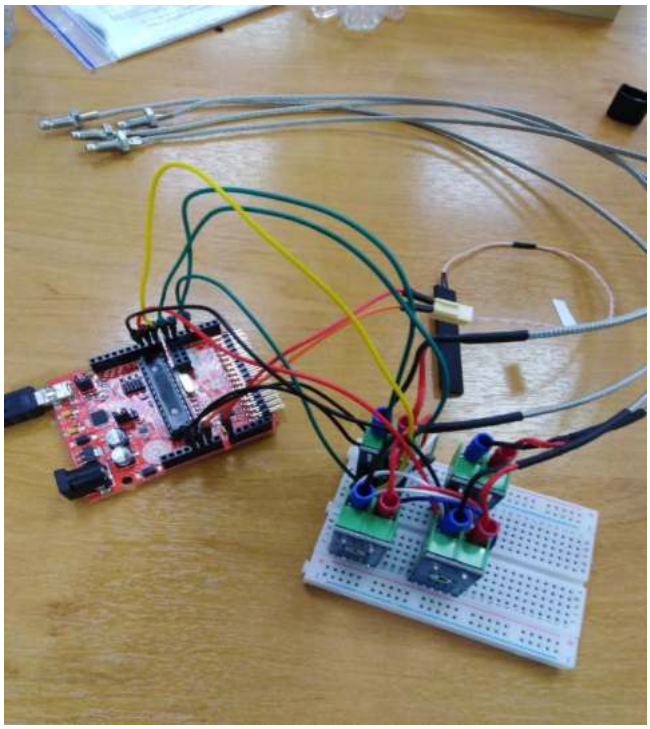


Рис. 2. Общий вид полученного измерительного прибора

Так, принцип Arduino основывается на последовательном опрашивании датчиков, поэтому сперва нужно обозначить каждую термопару и прописать, какие входы присоединены (термопары будут различаться только входящим CS). Далее, для правильной работы термопар необходимо, в программном обеспечении платы, прописать последовательное опрашивание модулей с определенной частотой [3, 4]. Так как считывание сигнала на данной плате составляет 10000 раз в секунду, то показатели температуры будут изображаться одновременно.

Для удобной работы с показателями четырех термопар, построением температурных графиков, можно подключить передачу данных в Microsoft Excel, с помощью макроса PLX-DAQ (рис. 3) [5].

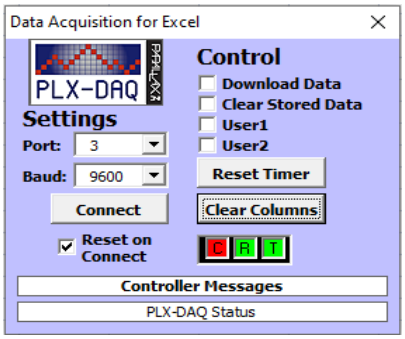


Рис. 3. Диалоговое окно PLX-DAQ

Источники

1. Попок Н.Н., Гвоздь Г.И. Изготовление и тарирование термопары [Электронный ресурс]. URL: https://elib.psu.by/bitstream/123456789/33706/1/2022_Popok_Gvozd_MU.pdf (дата обращения: 12.10.2022).

2. Development of 12 Channel Temperature Acquisition System for Heat Exchanger Using MAX6675 and Arduino Interface / S.P. Nalavade [et al.] // Innovative Design, Analysis and Development Practices in Aerospace and Automotive Engineering. Springer, 2018. Pp. 119–125.

3. Хузин Р.И. Применение платформы «ардуино» для реализации модуля «электротехнические работы» в рамках преподавания технологии // Образовательная робототехника в научно-техническом творчестве школьников и студенческой молодёжи: опыт, проблемы, перспективы: матер. IV Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Армавир, 2019. С. 125–127.

4. Рудаков Д.А. Применение Arduino в проектной деятельности обучающихся // Современное технологическое образование: матер. XXVI Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. Ю.Л. Хотунцева и В.К. Балтяна. М., 2020. С. 160.

5. Rao S., Shivakumar M. PLX-DAQ-based wireless battery monitoring system for obstacle avoidance robot // Control Instrumentation Systems: Proc. of CISCON 2018. Springer, 2019. Vol. 581. Pp. 133–140.

УДК 620.93

СНИЖЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ НА ОТОПЛЕНИЕ БЫТОВЫХ КОРПУСОВ

Сабиров Ирек Марселевич[1], Черный Александр Александрович[2],
Янайкин Николай Марсович[3], Звонарева Юлия Николаевна[4]
[1,2,3,4]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]SabirovIM1981@yandex.ru

В статье рассмотрен метод снижения эксплуатационных затрат на отопление бытовых корпусов котельных и здания АБК за счет утилизации тепла дренажных стоков с непрерывной продувки котлов, используемых для подогрева нефти на объектах добычи сверхвязкой нефти.

Ключевые слова: отопление бытовых корпусов, утилизации тепла дренажных стоков, подогрева нефти, снижения затрат на отопление, энергоэффективность.

REDUCED OPERATING COSTS FOR HEATING THE DOMESTIC BUILDINGS

Sabirov Irek Marselevich[1], Chernyi Aleksandr Aleksandrovich[2],
Yanaykin Nikolay Marsovich[3], Zvonareva Yuliya Nikolaevna[4]
[1,2,3,4]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]SabirovIM1981@yandex.ru

The paper considers a method of reducing operating costs for heating of domestic boiler houses and the ABC building by recycling the heat of drainage effluent from continuous blowdown boilers used for heating oil at extra-viscous oil production facilities.

Keywords: domestic building heating, drainage heat recovery, oil heating, heating cost reduction, energy efficiency.

Эпоха легких запасов углеводородов давно закончилась, пришло время освоения трудных залежей. Около трети запасов нефти в России (10,2 млрд тонн) представлено так называемыми трудноизвлекаемыми запасами (низкопроницаемые залежи, отложения, сверхвязкая нефть и др.). Их разработка требует существенно больших затрат по сравнению с традиционными углеводородами либо создания совершенно новых технологий добычи [1].

Наиболее перспективными технологиями добычи сверхвязкой нефти на сегодняшний день являются тепловые методы извлечения, которые делятся на три основные группы: внутрипластовое горение, паротепловые обработки призабойных зон скважин, закачка в пласт теплоносителя

(пар, вода и др.) [2]. Если первые две группы имеют ряд своих ограничений, то третья-закачка в пласт теплоносителя, считается на сегодняшний день простой, как с технологической точки зрения, так и с экономической. Для реализации этой технологии широко применяются блочные модульные котельные установки БМКУ-25 и БМКУ-50. Данные котельные устанавливаются на площадных объектах разработки месторождений сверх вязкой нефти. Обслуживание данных котельных осуществляется персоналом в круглосуточном режиме, для которых в непосредственной близости смонтированы бытовые корпуса и здания АБК.

В настоящее время для отопления бытовых корпусов и здания АБК используется электроэнергия. Источником теплоснабжения принята электрическая сеть U = 220/380 В, а в качестве отопительных приборов предусмотрены электрические инфракрасные панели.

В среднем, при расчете 80 Вт на 1м², потребляемая мощность при использовании в качестве обогревателей ИК панелей составит 7,8 кВт/ч, что влечет собой существенные эксплуатационные затраты.

Для оптимизации этих затрат предлагается рассмотреть возможность использования для отопления бытовых корпусов и здания АБК энергию тепла с непрерывной продувки котлов (рис. 1).

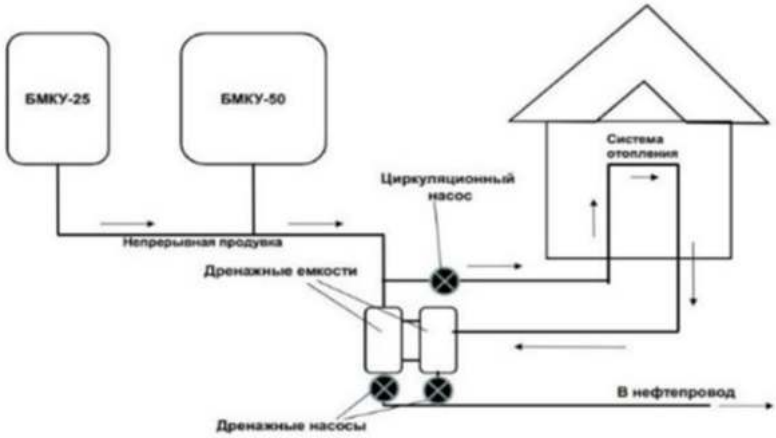


Рис. 1. Система отопления с использованием тепла непрерывной продувки

Для реализации этой идеи предлагается установить дополнительный циркуляционный насос и монтаж двухтрубной водяной системы отопления (рис. 2).

Согласно проекту, суточный объем горячих стоков непрерывной и периодической продувки после расширителей с учетом испарения воды от БМКУ-25 и БМКУ-50 равен 395,7 тонн в сутки с температурой около 80°С [3].

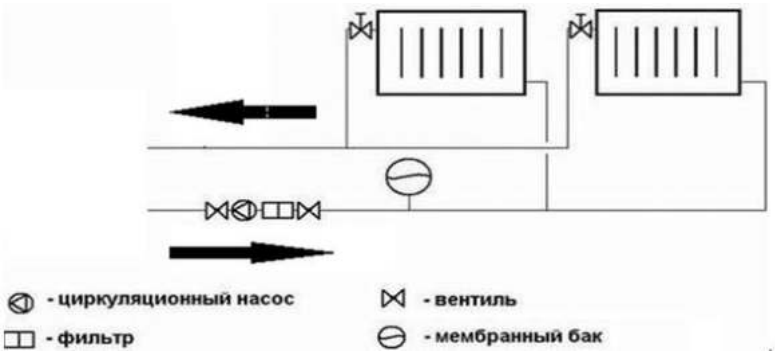


Рис. 2. Схема монтажа радиаторов отопления

Расход теплоносителя для отопления бытовых корпусов и здания АБК по расчету составляет 5,6 тонн в сутки. Новый вариант тепловой характеризуется более высокой теплоэнергетической эффективностью по сравнению с базовым вариантом [4].

Данный способ позволяет использовать технологические процессы добычи сверхвязкой нефти в сопутствующих вторичных процессах обеспечения функционирования цеха добычи сверхвязкой нефти [5]. Кроме того сокращение использования электроэнергии позволит получить существенную экономию энергетических ресурсов и повысит энергоэффективность компании, согласно ESG-принципам ведения бизнеса [6].

Источники

1. Сложный путь трудной нефти [Электронный ресурс]: аналитический обзор «Интерфакс-АНИ». URL: https://oilcapital.ru/news/2022-05-31/slozhnyy-put-trudnoy-nefti-1046495 (дата обращения: 21.10.2022).

2. Байбаков Н.К., Гарушев Л.Р. Тепловые методы разработки нефтяных месторождений. М.: Недра, 1988. 343 с.

3. Блочно-модульные котельные установки [Электронный ресурс]. URL: https://www.pem-energo.ru/katalog/bmku (дата обращения: 21.10.2022).

4. Повышение теплоэнергетической эффективности тепловой схемы паровой котельной / Р.Н. Валиев [и др.] // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2018. Т. 10, № 1 (37). С. 45–54.

5. Малая Э.М. Оценка потенциала энергосбережения в системах теплоснабжения // Научно-технические проблемы совершенствования и развития систем газоэнергоснабжения. 2010. № 1. С. 203–212.

6. Забота об экологии и людях: компания «Татнефть» развивает ESG-трансформацию бизнеса [Электронный ресурс]. URL: https://www.tatar-inform.ru/news/zabota-ob-ekologii-i-lyudyax-kompaniya-tatneft-razvivaet-esg-transformaciyu-biznesa-5848132 (дата обращения: 21.10.2022).

УДК 62-93

РАЗНОВИДНОСТИ АККУМУЛЯТОРОВ ТЕПЛОТЫ НА ОСНОВЕ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА

Федотова Анастасия Олеговна[1], Ваньков Юрий Витальевич[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]nastya2505fedotova@mail.ru, [2]yvankov@mail.ru

В работе приведены конструкции тепловых аккумуляторов на основе фазового перехода, их преимущества и недостатки, выявлены перспективы использования в системах теплоснабжения.

Ключевые слова: аккумулятор фазового перехода, теплоаккумулирующий материал, парафин, теплоемкость, теплообменная поверхность.

TYPES OF HEAT ACCUMULATORS BASED ON PHASE TRANSITION

Fedotova Anastasia Olegovna[1], Vankov Yury Vitalievich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]nastya2505fedotova@mail.ru, [2]yvankov@mail.ru

The paper presents the designs of thermal accumulators based on the phase transition, their advantages and disadvantages, and the prospects for use in heat supply systems.

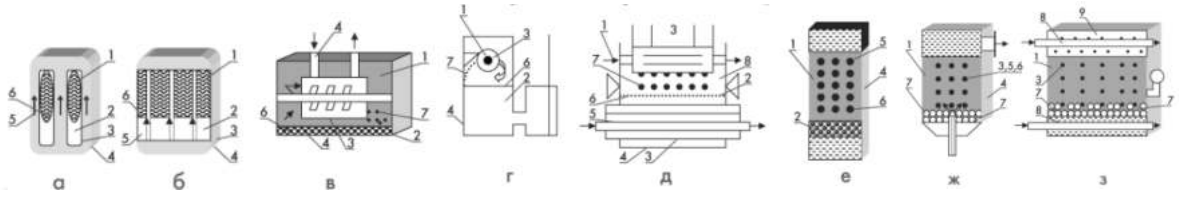
Keywords: phase transition accumulator, heat storage material, paraffin, heat capacity, heat exchange surface.

Одним из возможных вариантов решения проблемы повышения энергетической эффективности и снижения потребления первичных энергоресурсов является тепловое аккумулирование. Однако из-за необходимости большого числа резервуаров для хранения подогретого теплоносителя традиционные технологии постепенно устаревают и на смену им приходят новые способы аккумулирования с помощью аккумуляторов фазового перехода (АФП) – устройств, работающих на основе циклов плавления – затвердевания теплоаккумулирующих материалов (ТАМ), за счет которых накапливается и позднее расходуется скрытая теплота [1]. По сравнению с обычными теплоаккумуляторами АФП позволяют сократить как габаритные размеры, так и количество баков-аккумуляторов, при этом накапливая намного больше теплоты [2].

Традиционно аккумуляторы фазового перехода подразделяют на низко- (до 120 °С), средне- (120-400 °С) и высокотемпературные (400–1000 °С). Как правило, в аккумуляторах средних и высоких температур

используют металлы и их сплавы или соли, температура плавления которых высока. Примером могут служить NaCl, $NaBO_2$, $MgCl_2$, KF (температура плавления 900–1100 °С), или $NaNC_3$, $ZnCl_2$, B_2O_3 или легкоплавкие металлы и сплавы. В аккумуляторах же низких температур эффективным является использование кристаллогидратов солей и органических веществ, особенно парафина.

Существует большое разнообразие конструкций аккумуляторов на фазовом переходе (см. рисунок).



Теплоаккумуляторы на основе фазового перехода: *а* – капсульный; *б* – кожухотрубный; *в*, *г* – со скребковым удалением ТАМ; *д* – с ультразвуковым удалением ТАМ; *е*, *ж* – с прямым контактом и прокачкой ТАМ; *з* – с испарительно-конвективным переносом тепла

Наиболее развитая теплообменная поверхность и высокая надежность достигаются в капсульном АФП (*а*). Недостатком конструкции является необходимость установки большого количества маленьких капсул, что усложняет аппарат, поэтому применение эффективно только при небольших тепловых потоках [3].

В конструкции (*б*) использованы технологии, подобные производству кожухотрубных теплообменников, где ТАМ размещается в межтрубном пространстве. Слабая сторона таких АФП – затруднение свободного расширения ТАМ, что приводит к снижению надежности.

Конструкции (*в–д*) способствуют решению проблемы необходимости большой теплообменной поверхности ввиду низких коэффициентов теплопроводности теплоаккумулирующих материалов посредством соскребания, ультразвукового либо электрогидравлического разрушения затвердевшего ТАМ. В свою очередь это усложняет аппараты и увеличивает нагрузку на конструктивные элементы АФП [4].

Наиболее эффективны модели (*е–з*), где непосредственно контактируют теплоноситель и ТАМ. В схеме е теплоноситель имеет большую плотность, чем ТАМ, поэтому подается в верхнюю часть аккумулятора, в схеме *ж* – наоборот, поэтому он распыляется в нижней части. Недостаток таких моделей заключен в необходимости прокачки сторонним источником и тщательной очистки теплоносителя от ТАМ [5].

В схеме з эти недостатки устраняются, но накладывается следующее условие: необходимо, чтобы температура плавления ТАМ превышала температуру кипения теплоносителя при атмосферном давлении.

Таким образом, среди имеющихся конструкций применение в системах теплоснабжения, а именно для нужд ГВС, может найти кожухотрубный АФП на парафине, так как это обеспечит заданные объемы теплоносителя с требуемыми параметрами при сохранении традиционных технологий производства. В системах же отопления выгоднее будет использовать аппараты с испарительно-конвективным переносом при условии использования веществ с температурой плавления при атмосферном давлении свыше 100 °С.

Источники

1. Лукьянов А.В., Остапенко В.В., Постников В.А. Экспериментальная установка с аккумулятором тепловой энергии на основе фазового перехода // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2011. – № 5 (91). С. 38–42.

2. Сон Э.Е. Современные исследования теплофизических свойств веществ (на основе последних публикаций в ТВТ) (обзор) // ТВТ. 2013. Т. 51, № 3. С. 392.

3. Дибиров Я.А. Фазовые равновесия и теплофизические составы в системе Ca // F, Cl, SO_4, MOO_4 // Актуальные проблемы освоения возобновляемых энергоресурсов: матер. V Школы молодых уч. им. Э.Э. Шпильрайна / под ред. А.Б. Алхасова. Махачкала, 2012. С. 167.

4. Побережнюк М.М., Кудря С.А., Минченков Т.Г. Аккумулирование тепла низкоплавкими расплавами // Гелиотехника. 1984. № 3. С. 22–24.

5. Боровков В.М., Кушаков А.В. Повышение маневренности АЭС с помощью аккумуляторов энергии // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2010. № 5-6. С. 135–139.

УДК 65.03

МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ СПРОСОМ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Хамидуллина Диана Ильгизаровна[1], Саитов Станислав Радикович[2]
[1,2]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]diankaaa945@mail.ru, [2]caapel@mail.ru

В статье затрагивается проблема эффективного использования электроэнергии в жилищно-коммунальном хозяйстве. Также предложены механизмы управления спросом электрической энергии потребителей для наилучшего использования электроэнергии.

Ключевые слова: электроэнергия, механизм управления, потребители, энергоснабжение, спрос потребителей, пиковые часы.

DEMAND MANAGEMENT MECHANISMS FOR ELECTRICITY CONSUMERS

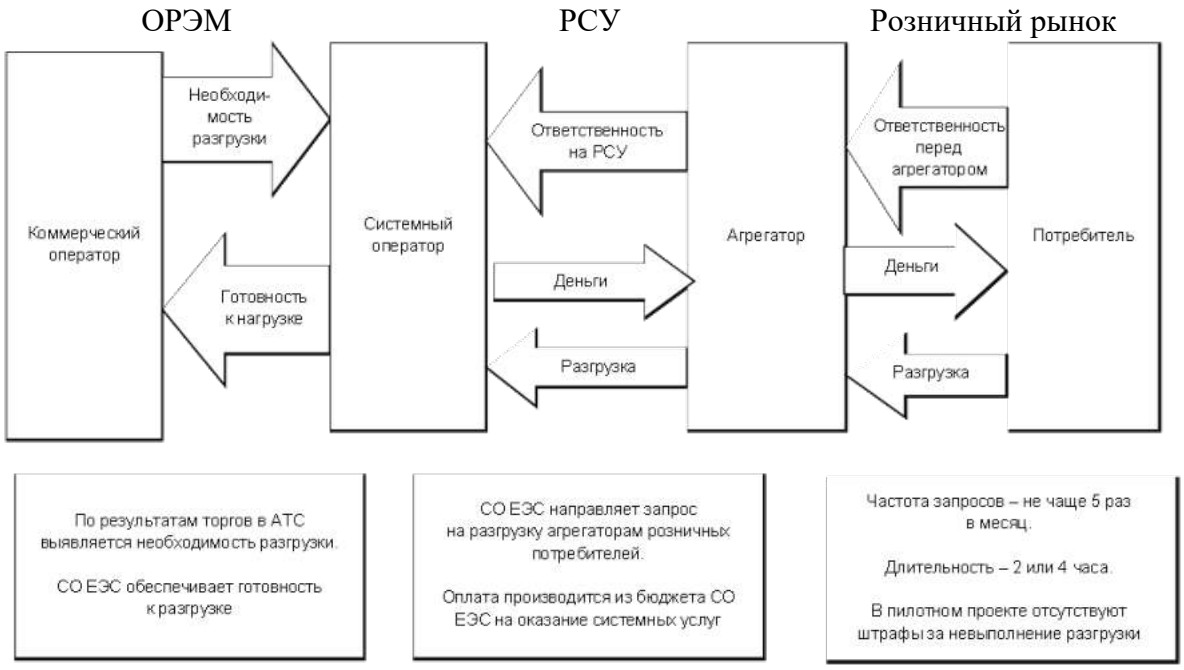
Khamidullina Diana Ilgizarovna[1], Saitov Stanislav Radikovich[2]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]diankaaa945@mail.ru, [2]caapel@mail.ru

The article touches upon the problem of efficient use of electricity in housing and communal services. The mechanisms of managing the demand for electric energy of consumers for the best use of electricity are also proposed

Keywords: electricity, control mechanism, consumers, energy supply, consumer demand, peak hours.

На сегодняшний день существует немало способов экономии на электричестве. Один из наиболее распространенных способов влияния на потребление электроэнергии является механизм управления спросом в пиковые часы.

Сам механизм управления спросом достаточно прост: оператор системы энергоснабжения устанавливает договоренность с потребителями, чтобы те снижали потребление энергии в их пиковые часы по команде агрегатора. Агрегатор управления спросом – это специализированные организации, компании, которые координируют способность группы розничных потребителей управлять своим электропотреблением, а также управляющие спросом на электроэнергию и далее показывающие потребителям часть их выручки, которую они получают от переноса пиковых часов:



Такой перенос пиковых часов на другое время у одних снижает производство электроэнергии. Таким образом, сэкономленное электричество может перенаправиться другим потребителям. Еще одним положительным последствием переносов является снижение стоимости электроэнергии для всех потребителей.

Одним из основных механизмов является механизм управления нагрузкой. Данный вид распределяет электроэнергию так, чтобы далее система энергоснабжения работала более эффективно. Эту систему также возможно использовать и при пиковых нагрузках, так как она контролирует потребление электроэнергии. Управлять спросом электроэнергии можно со стороны спроса потребителей на энергию, а также на стороне предложения:

1) управление спросом на стороне предложения. Данную меру предлагают со стороны компаний и предприятий;

2) управление нагрузкой на стороне спроса. Такой метод управления представляется в организации мероприятий, которые, в свою очередь, направлены на влияние потребителей. Чтобы решить такого рода задачу, необходимо использовать метод ограничения пиковых нагрузок.

Источники

1. Третьяков Е.А., Малышева Н.Н. Управление спросом активных потребителей в распределительных электрических сетях // Вестник Чувашского университета. 2020. С. 190–201.

2. Мохсен Х.М. Управление спросом на электропотребление: состояние и перспективы // Выпускная квалификационная работа ЮУрГУ. 2020. С. 8–37.

3. Соловьева И.А., Дзюба А.П. Управление спросом на электроэнергию в России: состояние и перспективы // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2017. № 3 (149). С. 53–62.

4. Yoshihiro Okawa, Toru Namerikawa. Optimal Power Demand Management among Consumers with Aggregator considering State and Control Constraints // Proc. of 55th IEEE Conference on Decision and Control. 2016. Pp. 801–806.

5. Hung-po Chao Price-Responsive Demand Management for a Smart Grid World // The Electricity Journal. 2010. Pp. 7–20.

УДК 620.93

ПОДОГРЕВ ВОЗДУХА ГОРЕНИЯ НА ПЕЧАХ ЗА СЧЕТ РЕКУПЕРАЦИИ ТЕПЛА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ

Черный Александр Александрович[1], Сабиров Ирек Марселевич[2],
Янайкин Николай Марсович[3], Звонарева Юлия Николаевна[4]
[1,2,3,4]ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
[1]blackksandermobile@gmail.com

В настоящей статье мы на примере ПТБ (печь трубчатая блочная) рассмотрим возможность использования дымовых газов как энергоресурса для подогрева воздуха, поступающего в топочную камеру, за счет передачи тепла через промежуточный теплоноситель.

Ключевые слова: печь, дымовые газы, подогрев воздуха, ПТБ.

HEATING OF COMBUSTION AIR ON FURNACES DUE TO HEAT RECOVERY OF FLUE GASES

Chernyi Aleksandr Aleksandrovich[1], Sabirov Irek Marselevich[2],
Yanaykin Nikolay Marsovich[3], Zvonareva Yuliya Nikolaevna[4]
[1,2]Kazan State Power Engineering University, Kazan
[1]blackksandermobile@gmail.com

In this article, using the example of PTB (tubular block furnace), we will consider the possibility of using flue gases as an energy resource for heating the air entering the furnace chamber by transferring heat through an intermediate coolant.

Key words: furnace, flue gases, air heating, PTB.

В поисках способов повышения энергоэффективности предприятий, а также других промышленных объектов, на которых применяется оборудование, сжигающее топливо (технологические печи, котлы и т. д.), вопрос применения потенциала дымовых газов поднимается не в самую первую очередь. Утилизация тепла – это способ полезного применения тепловой энергии уходящих газов или нагретых продуктов производства, которую предприятие может эффективно использовать для собственных нужд отопления, подогрева воды и т. д. [1].

Печь трубная блочная (ПТБ) – печь прямого нагрева, предназначена для нагрева нефтяных эмульсий и нефти при их дальнейшей промысловой подготовке и транспортировке (рис. 1).

В процессе сжигания топлива образуются дымовые газы, температура которых составляет не менее 250 °С. Дымовые газы являются побочным энергоресурсом и не имеют дальнейшего использования.

Рис. 1. Печь трубная блочная ПТБ-10А

На данный момент существуют следующие часто применяемые модели на нефтепромысловых объектах – ПТБ 5-40Э, ПТБ-10А, ПТБ-10Э. ПТБ – 10Э является на данный момент наиболее усовершенствованной моделью, по сравнению с предыдущими моделями. КПД данной печи может достигать 85 %. Этого смогли достичь за счет модернизации отдельных блоков самой установки:

– в теплообменной камере дополнительно установлены однорядные змеевики;

– в дымовых трубах установлены змеевики для подогрева топливного газа в зимнее время до температуры +65 °С;

– применение двух вентиляторных агрегатов для параллельной работы с возможностью регулирования производительности каждого из них;

– дополнительно улучшена система автоматизации. Контроль соотношения газ-воздух, что обеспечивает более полное сгорание топливного газа [2].

Но в системе данных печей не предусмотрен подогрев воздуха поступающего в камеру сгорания. Мы предлагаем доработать систему печи – использовать тепло уходящих дымовых газов для нагрева воздуха, поступающего на горение. Для этого необходимо:

1) смонтировать на печи ПТБ вместо дымовых труб утилизаторы тепла дымовых газов;

2) на воздуховоде после вентилятора смонтировать доработанный утилизатор тепла (рекуператор) [3, 4];

3) смонтировать насос для циркуляции промежуточного теплоносителя (вода, тосол);

4) смонтировать промежуточную буферную емкость;

5) обвязать трубопроводами утилизаторы тепла и рекуператор для циркуляции теплоносителя.

Принцип работы технологической схемы рекуперации тепла дымовых газов для нагрева подаваемого в печь воздуха горения, представленой на рис. 2, заключается в следующем: с буферной емкости *1* промежуточный теплоноситель (вода) насосным агрегатом *2* направляется в рекуператор тепла *3*, где происходит отдача тепла горячей воды воздуху горения, подаваемый вентилятором *4* в горелки печи нагрева. Температура воды в рекуператоре охлаждается с 95–97 °С до 40–45 °С за счёт воздуха подаваемым вентилятором *4* типа ВЦ6-28-10. Охлажденная воздухом вода из рекуператора *3* направляется в утилизаторы тепла дымовой камеры *5*, где пресная вода нагревается с 40–45 °С до 95–97 °С за счет тепла дымовых газов печи нагрева. Нагретая вода из утилизаторов тепла дымовой камеры *5* самотеком поступает в буферную емкость *1*.

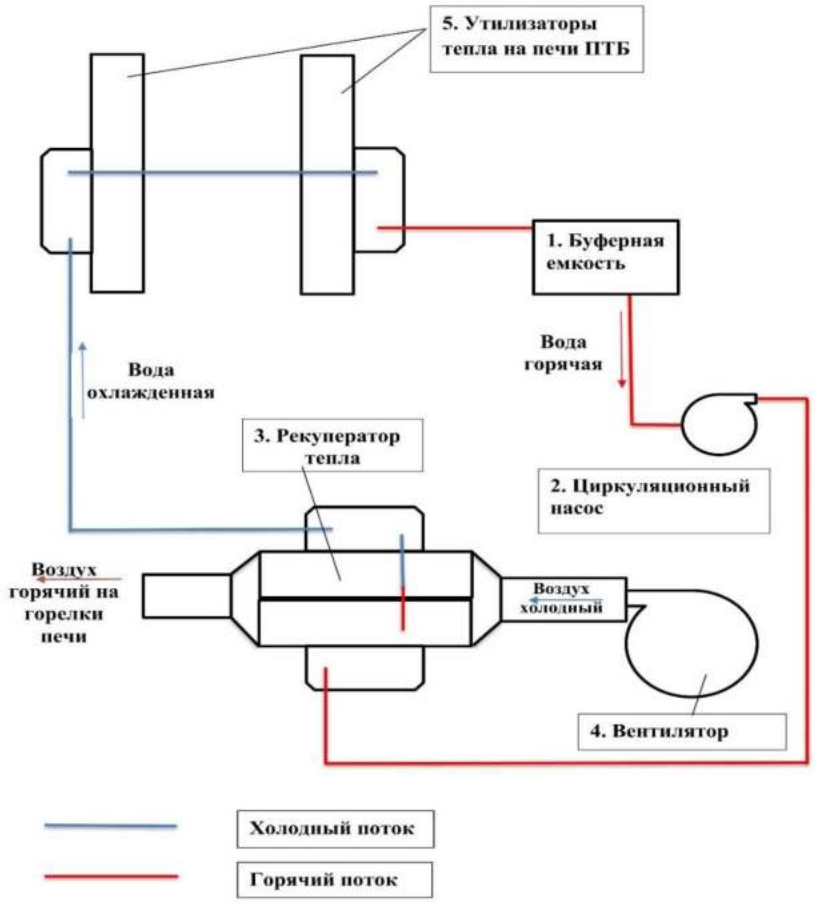


Рис. 2. Технологическая схема рекуперации тепла дымовых газов

Проведенные исследования показывают, что подача подогретого воздуха на горение позволяет повысить тепловую экономичность печи и, в определенной степени, управлять распределением тепловых потоков к поверхности нагрева [5].

Данные мероприятия позволят увеличить температуру подаваемого воздуха в печь на 20–40 °С (зависит от режима работа печи и производительности вентиляторов). Это в сою очередь ведет к снижению потребления объема газа на печах и еще большему увеличению КПД самой установки в целом.

Источники

1. Утилизация тепла дымовых газов [Электронный ресурс]. URL: https://1-engineer.ru/utilizaciya-tepla-dymovyh-gazov (дата обращения: 22.10.2022).
2. ООО «САЛЮС» [Электронный ресурс]. URL: https://salus-ural.ru/oborudovanie/nagrevatelnoe/pech-trubchataya-blochnaya ptb-10e (дата обращения: 22.10.2022).
3. Рекуператор для нагрева первичного воздуха печи открытого малоокислительного нагрева и способ нагрева первичного воздуха в рекуператоре: пат. № 2343387 Рос. Федерация; заявл. 09.01.2007; опубл. 10.01.2009, Бюл. № 32.
4. Повышение теплоэнергетической эффективности тепловой схемы паровой котельной / Р.Н. Валиев [и др.] // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2018. Т. 10, № 1 (37). С. 45–54.
5. Влияние подогрева подаваемого для горения воздуха на характеристики теплообмена в трубчатой печи / А.В. Садыков [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2011. № 5-6. С. 21–26.

УДК 621.64

ПРИМЕНЕНИЕ ВИБРАЦИОННЫХ КОЛЕБАНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОММУНИКАЦИЙ

Якупова Инна Дмитриевна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
26764@mail.ru

Одним из важнейших вопросов надежности энергетических коммуникаций является грамотная и своевременная организация оценки их технического состояния. Различные трубопроводы, являющиеся неотъемлемой частью энергетических систем и комплексов, рассматриваются как энергетические коммуникации. Проведение неразрушающего контроля виброакустическим методом позволит значительно снизить аварийность при эксплуатации трубопроводов, оценить их работоспособность и спрогнозировать остаточный ресурс с целью оптимизации сроков ремонта или замены.

Ключевые слова: энергетические коммуникации, диагностика, неразрушающий контроль, виброакустические колебания, теплоноситель, дефект.

APPLICATION OF VIBRATION VIBRATIONS TO ASSESS THE TECHNICAL CONDITION OF ENERGY COMMUNICATIONS

Yakupova Inna Dmitrievna
Kazan State Power Engineering University, Kazan
26764@mail.ru

One of the most important issues of reliability of energy communications is the competent and timely organization of the assessment of their technical condition. Various pipelines that are an integral part of energy systems and complexes are considered as energy communications. Conducting non-destructive testing by the vibroacoustic method will significantly reduce the accident rate during the operation of pipelines, assess their operability and predict residual life in order to optimize the timing of repair or replacement.

Key words: energy communications, diagnostics, non-destructive testing, vibroacoustic oscillations, coolant, defect.

Современные условия разработки, эксплуатации и ремонта энергетических систем и комплексов требует тщательной разработки необходимых мероприятий, направленных на повышение надежности и безаварийности эксплуатации энергетического оборудования, среди которого различные энергетические трубопроводы являются одним из основных элементов.

Одним из наиболее востребованных элементов теплоэнергетического оборудования выступают различные энергетические коммуникации. Оценка технического состояния средств транспортировки тепловых носителей проводится различными методами, основанными на разных физических явлениях с разнообразным приборным обеспечением [1]. К основным методам относятся: проведение внутренней диагностики трубного пространства, проведение шурфовок, тепловой контроль с помощью контактного или бесконтактного термографирования, диагностика магнитометрическими методами, оценка прочностных характеристик и т. д. [2].

Все это обусловливает актуальность проблемы диагностирования применением перспективных методов неразрушающего контроля, к которым относится анализ виброакустических колебаний стенок трубопроводов [3].

В процессе эксплуатации одной из возможных причин колебаний элементов и узлов энергетических коммуникаций могут быть различные динамические нагрузки. При этом вследствие взаимодействия внутреннего слоя трубопровода при относительном скольжении теплоносителя относительно микро-шероховатой неподвижной поверхности, возникает усталостный износ, который приводит к увеличению микротрещин в материале и увеличению уровня вибрации [4]. Оценка параметров этой вибрации позволяет оценить наличие и размер внутренних дефектов поверхности исследуемого трубопровода.

Вибрационные колебания стенок энергетических трубопроводов регистрируют с помощью вибродатчика, установленного непосредственно на объекте контроля [5].

Регистрация параметров колебаний производится с помощью различных вибрационных датчиков, записанные сигналы обрабатываются различными методами.

К информативным параметрам виброакустических сигналов, получаемым с помощью вибродатчика, относятся частота, амплитуда и фаза колебаний. В нашем случае используются первые два параметра, фаза не используется в связи с отсутствием эталонного сигнала [6].

Экспериментальные исследования проводились на трубопроводе диаметром 72 мм и толщиной стенки 4 мм. В результате получена зависимость изменения собственной частоты нагруженного дефектного и бездефектного трубопроводов. Наличие дефекта привело к снижению собственной частоты в диапазоне от 1 500 до 6 000 Гц на таких основных модах, как 3 860 и 4 890 Гц.

В результате можно сделать вывод, что виброакустическая диагностика трубопроводов является одним из наиболее приемлемых способов неразрушающего контроля и оценки технического состояния протяженных энергетических коммуникаций.

Источники

1. Оценка технического состояния подшипников качения виброакустическим методом / М.В. Акутин [и др.] // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2009. № 2. С. 55–57.
2. Загретдинов А.Р., Кондратьев А.Е., Ваньков Ю.В. Разработка прибора и методики ударно-акустического контроля многослойных композиционных конструкций // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2013. № 9-10. С. 97–104.
4. Ваньков Ю.В., Кондратьев А.Е. // Приборы и системы управления. 2004. № 2. С. 45–53.
5. Разработка методики определения размера коррозионного поражения оболочек акустическим методом / Ш.Г. Зиганшин [и др.] // Энергосбережение и водоподготовка. 2009. № 1 (57). С. 36–38.
6. Improving the methodology for assessing the technical condition of equipment during the transportation of energy carrier in energy systems and complexes [Электронный ресурс] / S.O. Gaponenko [et al.] // Proc. of the International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems. 2019. URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2019/50/e3sconf_ses18_01021.pdf (дата обращения: 23.10.2022).
7. Загретдинов А.Р., Кондратьев А.Е., Зиганшин Ш.Г. Аппаратно-программное обеспечение ударно-акустического контроля композиционных конструкций // Инженерный вестник Дона. 2014. № 4-1 (31). С. 27.

УДК 621.64

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ ВИБРАЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Якупова Инна Дмитриевна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
26764@mail.ru

В настоящее время оценке технического состояния энергетических трубопроводов уделяется особое внимание. Применение неразрушающего контроля позволяет значительно улучшить эксплуатационные характеристики и произвести достоверную оценку остаточного ресурса эксплуатации. Одним из наиболее перспективных методов неразрушающего контроля является виброакустическая диагностика.

Ключевые слова: энергетические трубопроводы, техническая диагностика, неразрушающий контроль, виброакустические колебания, теплоноситель, дефект.

ASSESSMENT OF THE TECHNICAL CONDITION OF PIPELINES BY THE OBRATION METHOD

Yakupova Inna Dmitrievna
Kazan State Power Engineering University, Kazan
26764@mail.ru

Currently, special attention is paid to the assessment of the technical condition of energy pipelines. The use of non-destructive testing can significantly improve performance characteristics and make a reliable assessment of the residual service life. One of the most promising methods of non-destructive testing is vibroacoustic diagnostics.

Keywords: energy pipelines, technical diagnostics, non-destructive testing, vibroacoustic oscillations, coolant, defect.

Условия эксплуатации современных энергетических трубопроводов накладывают серьезные требования к обеспечению безаварийной доставки теплоносителя потребителю. Это может обеспечить своевременное проведение технической диагностики трубопроводов с целью оценки технического состояния и прогнозирования возможной безотказной работы трубопровода [1].

К основным методам технического контроля относятся: проведение внутренней диагностики трубного пространства, проведение шурфовок, тепловой контроль с помощью контактного или бесконтактного термографирования, диагностика магнитометрическими методами, оценка

прочностных характеристик и т. д. Однако необходимо отметить, что в этом случае происходит контроль только локальных участков, ограниченных конструктивными особенностями применяемых методов, при этом также существенными недостатками является необходимость вывода оборудования из режима эксплуатации наряду с высокой стоимостью применяемого оборудования, необходимости привлечения специально обученного технического персонала и длительного процесса получения результатов контроля [2].

Все это обусловливает актуальность проблемы диагностирования применением перспективных методов неразрушающего контроля, к которым относится анализ виброакустических колебаний стенок трубопроводов [3].

В процессе эксплуатации одной из возможных причин колебаний элементов и узлов энергетических коммуникаций могут быть различные динамические нагрузки. При проведении виброакустической диагностики вибрации в объекте являются не только помехой, которую необходимо подавить, но и источником полезной информации. В связи с этим возможно измерение параметров как акустических, так и вибрационных колебаний. Учитывая сказанное, измерению и анализу возможно подвергать и те и другие виды колебаний [4]. Оценка параметров этой вибрации позволяет оценить наличие и размер внутренних дефектов поверхности исследуемого трубопровода.

Вибрационные колебания стенок энергетических трубопроводов регистрируют с помощью вибродатчика, установленного непосредственно на объекте контроля [5].

Если полезный сигнал, получаемый с датчика, имеет слишком низкую амплитуду, необходимо его усилить. Для этого необходимо использовать различные усилители, такие как дифференциальные, основным преимуществом которого является в компенсации помех, в том числе синфазных. В настоящее время широко распространено применение вибрационных регистраторов со встроенным предусилителем, источником питания которого является сигнальный провод, что значительно упрощает работу с таким датчиком [6].

Экспериментальные исследования проводились на трубопроводе диаметром 72 мм и толщиной стенки 4 мм. В результате получена зависимость изменения собственной частоты нагруженного дефектного и бездефектного трубопроводов. Наличие дефекта привело к снижению собственной частоты в диапазоне от 1500 до 6000 Гц на таких основных модах, как 3860 Гц и 4890 Гц.

В результате можно сделать вывод, что виброакустическая диагностика трубопроводов является одним из наиболее приемлемых способов неразрушающего контроля и оценки технического состояния протяженных энергетических коммуникаций.

Источники

1. Improving the methodology for assessing the technical condition of equipment during the transportation of energy carrier in energy systems and complexes [Электронный ресурс] / S.O. Gaponenko [et al.] // Proc. of the International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems. 2019. URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2019/50/e3sconf_ses18_01021.pdf (дата обращения: 23.10.2022).

2. Разработка методики определения размера коррозионного поражения оболочек акустическим методом / Ш.Г. Зиганшин [и др.] // Энергосбережение и водоподготовка. 2009. № 1 (57). С. 36–38.

3. Оценка технического состояния подшипников качения виброакустическим методом / М.В. Акутин [и др.] // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2009. № 2. С. 55–57.

4. Загретдинов А.Р., Кондратьев А.Е., Ваньков Ю.В. Разработка прибора и методики ударно-акустического контроля многослойных композиционных конструкций // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2013. № 9-10. С. 97–104.

5. Ваньков Ю.В., Кондратьев А.Е. // Приборы и системы управления. 2004. № 2. С. 45–53.

6. Загретдинов А.Р., Кондратьев А.Е., Зиганшин Ш.Г. Аппаратно-программное обеспечение ударно-акустического контроля композиционных конструкций // Инженерный вестник Дона. 2014. № 4-1 (31). С. 27.

СОДЕРЖАНИЕ

Направление 1. ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ОБЪЕКТАМИ МЕХАТРОННЫХ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ТЭК И ЖКХ

Куаку В.А., Малёв Н.А., Осынбасар Д.Б. Определение суммарной погрешности системы активного управляющего контроля размеров 3

Куаку В.А., Малёв Н.А. Анализ причин появления погрешностей систем активного управляющего контроля размеров 6

Андреева А.Р., Сафаров И.М., Шарафиева А.И., Сафин М.А. Цифровая энергетика и система автоматического управления цифровой энергией в Республике Татарстан 9

Баязитов Х.М., Малёв Н.А. Устройство многоканальной сигнализации температуры 12

Баязитов Х.М., Малёв Н.А., Сулейменов С.Н. Исследование приборного электропривода системы регулирования температуры сушильной камеры с релейным управлением 16

Булатов М.М., Малев Н.А., Искаков А.Ж. Основные соотношения для измерительных мостов переменного тока 20

Вакорина Д.В., Давыдов В.В., Степаненков Г.В., Резников Б.К. Разработка методики контроля состояния летучих углеводородных сред с использованием метода рефракции 23

Васильев Н.С., Кашаев Р.С. Автоматизация процесса анализа нефти на базе релаксометра ПМР-NP2 и промышленного робота «KUKAKR 3 R540» 26

Виноградов Г.Н. Разработка установки для переработки пластиковых бутылок 29

Галиуллина Э.Р., Козелков О.В. Программно-аппаратный комплекс контроля загрязнения воздуха на асфальтобетонном заводе 31

Гусейнов Т.К. О возможности использования вибрационно-частотных датчиков плотности в качестве индикатора загрязнения жидких сред 33

Давыдов В.В., Проводин Д.С., Давыдов Р.В., Дудкин В.И., Логунов С.Э. Ядерно-магнитный расходомер-релаксометр для контроля расхода и состава горюче-смазочных смесей с высокой вязкостью 36

Дроздова А.Д., Смирнова С.В. Электрическая принципиальная схема канала управления мобильной снегоплавильной установки 40

Дронина А.А., Зарипова Р.С. Возможные пути совершенствования топливно-энергетического комплекса 43
Идрисова Г.Ф., Богданова Н.В. Внедрение интеллектуальных передатчиков как измерителей давления или температуры 46
Карачин В.И., Кашаев Р.С., Козелков О.В. Методы лазерной фотометрии и ПМР-релаксометрии для исследования парафинистых нефтей.....49
Кашаев Р.С., Костюхина Н.А. Применения LabVIEW в автоматизированных измерениях 53
Квасова И.С., Сафин М.А., Сафаров И.М. Использование манипуляторов в мехатронных системах автоматического управления 56
Козелкова В.О., Кашаев Р.С., Козелков О.В. Экспресс-контроль концентрации солей в каплях воды эмульсий методом магнитной левитации 59
Ломакин И.В., Самохвалова К.Ю. Мобильный мехатронный модуль вакуумной терапии..... 63
Мартышов А.С., Ломакин И.В. Разработка устройства контроля микроклимата в помещении..... 66
Мухаметшин А.И., Малев Н.А., Ахметсагиров Р.И. Исследование цифровых фильтров в цифровом канале измерителя температуры в микроконтроллерах серий ARM..... 70
Мухаметшин С.М., Львова Т.Н. Применение амперометрического метода определения кислорода в воде..... 75
Муханова П.П., Цветков А.Н. Измерение параметров при исследовании мобильных устройств зарядки электромобилей в испытательном оборудовании..... 79
Нгуен Дык Ань, Кашаев Р.С. Усовершенствованние модели магнита хальбаха для релаксометра протонного магнитного резоанса..... 82
Новик Р.Д., Малёв Н.А. Моделирование системы автоматического контроля температуры производственного помещения 88
Овсеенко Г.А., Кашаев Р.С., Козелков О.В. Алгоритм работы системы контроля функционирования приборно-программного комплекса на основе нейронной сети 91
Овсеенко Г.А., Кашаев Р.С., Козелков О.В. Контроль достоверности измерений методом ПМР-релаксометрии использованием нейронных сетей..... 96
Постников Е.В., Львова Т.Н. Создание прибора контроля утечек бытового газа 99

Сатдаров Т.Р., Козелков О.В. Виды промышленных роботов и их применение для ТЭК и ЖКХ 102
Сафиуллин Б.И., Аухадеев А.Э., Вахитов Х.Ф. Диагностический комплекс зарядных станций для электромобилей 106
Тарасов В.А., Тарасова В.В., Афанасьев В.В., Ковалев В.Г. Цифровые двойники нестационарных тепловых процессов в ограждениях 109
Ушкова Т.О., Шпенст В.А. Современное состояние и прогноз развития методов измерения вязкости потока нефти 114
Хабибуллина А.Д., Козелков О.В. Исследование и разработка методов и прибора контроля качества электроэнергии 118
Чан Ван Тунг. Новая конструкция массива магнитов для скважинных азимутальных измерений методом протонного магнитного резонанса 122
Шайхутдинова Л.Р., Смирнова С.В. Разработка и моделирование печатных плат гидроэнергетической установки 126
Шакиров А.И., Малёв Н.А. Исследование психрометрического датчика влажности на основе термопреобразователя сопротивления 130
Шурупов Д.Н., Пчёлкин Г.А., Демидов В.В., Муссауи Амир, Булыга Д.В. Люминесцентные волоконно-оптические датчики с использованием нанокристаллов YAG:R3+ (R = Dy, Yb, Ce) 134

Направление 2. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД В ТЭК И ЖКХ

Ахмад Альзаккар, Грачева Е.И. Моделирование структуры внутризаводской электрической сети прядильно-ткацкой фабрики (г. Дамаск, Сирия) 138
Аскеров Д.С., Гамидов М.Г., Амирова З.Д., Гаджибалаев Н.М. Разработка многоязычной компьютерной программы «Электротехнический терминологический словарь» 143
Аюпов Н.И., Макаров В.Г. Электропривод с микродвигателем постоянного тока 151
Будникова И.К., Котков М.А. Мониторинг индекса промышленного производства АО «Татэнерго» 155
Васильев И.А. Система управления электрогидравлическим приводом ... 159
Васильев А.Д., Малёв Н.А. Моделирование асинхронного двигателя в приложениях Simulink и Simscape среды MatLab 163
Васильевых С.Л., Греков Э.Л., Шелихов Е.С. Имитационное моделирование электропривода внутреннего контура котельной 167

Вырыханов Д.А., Камендровский И.А. Режим управления насосным оборудованием по параметру механической мощности 170
Габдрахманов Ф.Ф., Мухаметгалеев Т.Х. Разработка анализатора качества электроэнергии 173
Галяутдинова А.Р., Ившин И.В. Система оценки технического состояния силовых маслонаполненных трансформаторов распределительных сетей 176
Гимадеев Р.А., Малёв Н.А. Исследование нелинейного электропривода тепловизионной системы сопровождения цели 179
Горбань А.А., Шелихов Е.С., Греков Э.Л. Регистратор электрических параметров приводных высоковольтных синхронных электродвигателей для газоперекачивающих агрегатов 184
Желнов В.Е., Тригорлый С.В. Применение СВЧ волноводно-щелевых излучающих систем для повышения эффективности термообработки диэлектриков 188
Камалиев И.И.,Мухаметгалеев Т.Х. Информационная система по учету расхода и давления тепловой системы микрорайона г. Ижевска 191
Климов Е.Д., Петров Л.П. Контроль изоляции на кабельных линиях 1 кВ 195
Комаров Н.Е. Разработка системы управления асинхронного двигателя с фазным ротором 198
Кондратьева Н.П., Корепанов И.Я., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г. Перспективы развития сквозных цифровых технологий в электроэнергетике 201
Мухаметшин А.И., Малев Н.А., Корнилов В.Ю., Ахметсагиров Р.И. Испытательный стенд для испытания электрических машин 204
Кравчук А.А., Гаврилова С.В. Устройство плавного пуска на основе транзисторного регулятора напряжения с форсированием режимов работы 209
Крылов Г.А., Светлана В.Г. Система контроля и управления теплообменными аппаратами 212
Малёв Н.А. Исследование работоспособности метода определения параметров математических моделей электромеханических систем 215
Масков Л.Р., Корнилов В.Ю. Методика определения инерционных характеристик мехатронного модуля движения аппарата воздушного охлаждения газа 220

Найдышева А.А., Халфина Г.И. Методика проектирования синхронного двигателя с постоянными магнитами 223
Никифорович А.А., Зарипова Р.С. Экологические аспекты применения зарядно-накопительных терминалов энергетической инфраструктуры электромобилей 226
Петров Т.И., Басенко В.Р. Упрощения, применяемые при топологической оптимизации синхронного двигателя с постоянными магнитами BM1418 ZXF 229
Петров А.Р. Модели параметров автоматических выключателей в эксплуатационных режимах 232
Петрова Р.М. Надежность и эффективность эксплуатации трансформаторов 235
Полянский Е.А. Анализ вариантов совершенствования индукционного комплекса переплавки отходов алюминиевого производства 239
Раджабов А.Н., Малёв Н.А. Моделирование нескорректированного электропривода автосопровождения цели по азимуту 242
Смолин В.И., Гун В.С. Скалярно-фазовое управление крутящим моментом тягового электропривода 246
Софронов Д.А., Малёв Н.А. Исследование функционирования электропривода автомата регулировки управления летательного аппарата с различными исполнительными устройствами 250
Старостина Я.К., Сидоров Е.В. Малоэлементное регулирующее устройство для асинхронного электропривода насосных установок 253
Таначев Г.П., Корнилов В.Ю. Моделирование электроприводов в программе «Simintech» 257
Третьяков А.С. Разработка программно-аппаратного комплекса для исследования вентиляционных режимов асинхронных электродвигателей 260
Трифонов Д.Н., Мухаметгалеев Т.Х. Модернизация электропривода тихоходного пассажирского лифта Orona 3G 1015 263
Тухфатуллин И.Р., Хузяшев Р.Г. Определение частот многомодовых колебаний переходного сигнала 266
Филимонов С.С. Проектирование гильзы камеры сгорания четырёхтактного двигателя внутреннего сгорания в Autodesk Inventor 269
Филиппов Р.А., Малёв Н.А. Моделирование электропривода механизма подъёма карьерного экскаватора с учетом особенностей нагрузки 272

Хайбуллин Ф.Г., Мухаметгалеев Т.Х. Модернизация главного электропривода фрезерного станка 6В11 275
Халфина Г.И., Найдышева А.А. Методика расчета электротехнического комплекса нефтяного куста..... 278
Ханов Ф.Р., Мухаметгалеев Т.Х. Модернизация электропривода токарно-винторезного станка 1А62..... 281
Цатурян Э.Б., Мухаметгалеев Т.Х., Толмачева А.В. Модернизация электропривода бетоносмесителя СБ-93 284
Цветкова А.А., Цветков А.Н. Автоматизация в системе вентиляции в зависимости от влажности помещения..... 287
Чиляева М.Р., Малёв Н.А. Определение допустимого диапазона изменения параметров следящего вентильного электропривода 292
Шайхлисламов И.Р., Корнилов В.Ю. Методы динамического моделирования нагружающих электромеханических модулей исследовательских стендов электроприводов нефтедобывающих скважин в среде Simintech..... 295
Шайхутдинов М.М., Мухаметгалеев Т.Х., Львова Т.Н. Разработка квадрокоптера из отечественных комплектующих 300
Шайхутдинова Л.Р., Смирнова С.В. Разработка принципиальной электрической схемы канала обработки информации, полученной с пьезогенератора ГЭУ 303
Шайхутдинова Л.Р., Смирнова С.В. Разработка принципиальной электрической схемы канала инвертирования сигнала, полученного с пьезогенератора ГЭУ 308
Шакиров А.А., Козелков О.В. Сравнение приборов и методов неразрушающего контроля плотности асфальтобетонного полотна..... 311
Шумихина О.А., Грачева Е.И. Потери электроэнергии в трёхпроводных распределительных электрических сетях 6–10 кВ 314

Направление 3. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЭК И ЖКХ

Агзамова А.Т., Козлова Е.А., Саитов С.Р. Определение эффективности внедрения системы «Умный дом»..... 317
Акберова Г.И., Зиганшин М.Г. Выбор способов модернизации теплоснабжения учебного корпуса и финансирование 320

Алемасов Е.П. Имитационное моделирование как инструмент повышения эффективности управления жилищно-коммунальным транспортом 323
Амирова А.И., Вилданов Р.Р., Шайхутдинов К.Л. Экологические особенности АЭС 326
Амирова А.И., Саитов С.Р. Энергосбережение в ЖКХ 329
Андреянов Д.А., Разакова Р.И. Хранение водорода на ТЭЦ 332
Бабиков О.Е., Чичирова Н.Д. Прямоточная регенерации ионообменных фильтров 336
Валиуллина Е.С., Зиганшин М.Г. Моделирование топки котла ТП-14А для нахождения оптимальных способов снижения вредных выбросов 339
Варганова А.М., Закиров Р.Н. Проектирование горизонтальной и вертикальной разводки системы отопления в МКД 343
Галиева А.Р., Баторшин Т.Р., Сафаров И.М. Беспроводные технологии в системах автоматизации жилых помещений 347
Година П.В., Закиров Р.Н. Способы аккумулирования и транспортировки водорода 350
Гущина Н.В., Саитов С.Р. Повышение посещаемости сайтов управляющей компании собственниками жилья 353
Долгова А.Н., Чурилов К.Е. Автоматизированные системы управления в котельном оборудовании 356
Леонов С.В., Жгута В.А., Сладков М. Системы интеллектуального управления комплексом электростатических фильтров 359
Зайнутдинова Д.А., Аминева Е.Д. Разработка малошумной сушилки, основанной на пульсирующем ожиженном слое 363
Иксанова О.Е. Современные методы осветления воды 367
Камалиева Р.Ф., Филимонов А.А. Рекуперация отработанного тепла полимерных топливных элементов 370
Камалиева Р.Ф., Филимонов А.А. Использование топливных элементов для повышения эффективности ТЭС 373
Карачурин Б.Р., Сидоров М.В., Саитов С.Р. Метод анализа данных для прогнозирования пиковых часов 375
Карпов Д.Ф., Павлов М.В., Гудков А.Г. О потенциале энергосберегающих зданий и энергоэффективных технологий в строительстве 379
Кондратьева Н.П., Шишов А.А., Большин Р.Г. Организация рабочего места оператора ЭВМ в полевых условиях на объектах ЖКХ 384

Коныжов К.В., Минибаев А.И. Описание и принцип работы теплового пункта 387
Курочкин И.С., Акбиров Р.И. Нерациональное использование попутного нефтяного газа как основная проблема нефтеподготовительных объектов..... 390
Кутилина К.А., Власов С.М. Фильтрация воды в ЖКХ 392
Мавлеев Р.Р., Сафаров И.М. Добавление новейших технологий анализа и оповещений в действующую MES систему 395
Макуева Д.А., Разакова Р.И. Анализ современного положения и перспектив развития водородных заправочных станций 399
Минниахметов А.М., Сафаров И.М., Сафин М.А. Применение искусственного интеллекта в строительстве 402
Сидоров М.В., Карачурин Б.Р., Саитов С.Р. Проблема сбора и обработки больших данных на примере пиковых часов АО «АТС» 405
Мустахитдинова Ю.А., Зарипова Р.С. Разработка и использование телеграм-ботов в образовательном процессе 408
Мадина Ф.Н., Гузель Р.М. Гибридные мини-ТЭС на биомассе и солнечной энергии для энергоснабжения изолированных потребителей 411
Сатаров А.С., Саитов С.Р. Обзор зарубежных экзотических систем ентилирования помещений 416
Сафаров И.М., Камалов Д.Р., Аскаров А.Р., Сафин М.А. Перспективы развития электроэнергетики на основе технологии Smart Grid 419
Сергеева А.В., Власова А.Ю. Твердые отложения на внутренней поверхности трубок водогрейных котлов 422
Софронова Т.М., Ахметьянова Г.И., Закиров Р.Н. Способы получения водорода в системах децентрализованного электро- и теплоснабжения.....426
Афанасьев В.В., Ковалев В.Г., Тарасов В.А., Туманов Ю.А. К вопросу повышения эффективности работы ТЭЦ..... 429
Ковалев В.Г., Афанасьев В.В., Тарасов В.А. Возможности электрошлаковой газификации твердых топлив..... 434
Тарасова М.В., Закиров Р.Н. Топливные элементы для генерации электрической энергии на промышленном предприятии..... 438
Усманов Р.Р., Закиров Р.Н. Системы энергоснабжения зданий с использованием топливных элементов..... 442
Федулов В.С., Евгеньев И.В. Повышение экономичности теплофикационных паровых турбин..... 445

Филимонов А.А., Камалиева Р.Ф. Использование наземных роботов для контроля безаварийной работы АЭС 448

Хабибуллина Э.Т., Саитов С.Р. Обеспечение прозрачности начисления платежей за услуги ЖКХ 450

Хуснутдинова А.Р., Зиганшин М.Г. Цифровое информационное моделирование зданий на основе по Revit и Renga 453

Чиркова Д.М., Валиуллина Д.М. Цифровая подстанция 456

Шайхуллин У.Р., Зарипова Р.С. Разработка методики и информационной системы расчета оптимального маршрута трубопроводной сети системы теплоснабжения 459

Шайхутдинов Я.О., Власов С.М., Марзоева И.В. Пути повышения эффективности использования бассейна выдержки АЭС на основе зарубежных и отечественных разработок 463

Направление 4. АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

Ахтямова А.А., Завада Г.В. Инженерного образования режим дня студента как средство адаптации первокурсника к обучению в вузе 466

Барковская М.М., Гладковский В.И., Савчук О.Ф. Формирование инженерного мышления у студентов на примере решения комплексных задач по физике 470

Будникова И.К. Самостоятельная работа обучающихся в условиях цифровой трансформации образования 473

Будникова И.К. Информационные технологии при изучении дисциплины «Теория вероятностей и математическая статистика» 477

Валеев А.И. Методы преподавания профильных дисциплин в высших учебных заведениях инженерного образования 481

Ворсин Н.Н., Величко Л.А., Кушнер Т.Л. Методика лабораторной работы «Изучение термоэлектрических явлений» 484

Гайнутдинова Д.Ф. Инварианты компетенций инженера 487

Гильмутдинова З.А., Слесаренко З.Р. К вопросу о буллинге в молодежной среде (на примере студентов первого курса КГЭУ) 490

Гладковский В.И., Пинчук А.И., Кушнер Т.Л. Рейтинговая оценка знаний и компетенций обучающихся по физике как фактор повышения качества инженерного образования 494

Зайцева М.В., Слесаренко З.Р. Технофобия в современном мире 497

Зялаева Р.Г., Гарифуллина Р.Р. Понятийные категории «интеграция» и «синтез» в образовании и их соотношение 501
Коныжов К.В., Богданова Н.В. Метрология как инфранаука 504
Курмашова А.Р., Завада Г.В. Учебная коммуникация студентов средствами социальных сетей 507
Куценко С.М., Малацион С.Ф. Обеспечение безопасности обучающихся при помощи интернет вещей 510
Львова Т.Н., Мухаметгалеев Т.Х. Применение пакета «Wolfram Mathematica» для определения надежности многокомпонентной системы 514
Малацион С.Ф., Куценко С.М. К вопросу качества знаний по физике у студентов первого курса 519
Миронова Е.А. Содержательные и временные аспекты опережающей инженерной подготовки в области цифровизации 523
Мубаракшина Р.Р. Роль профессиональной подготовки студентов для энергетической отрасли 527
Мубаракшина Р.Р. Современные методы и подходы повышения уровня инженерного образования 530
Мусин Д.Т. Учебный курс в LMS Moodle 533
Мымрина М.А., Слесаренко З.Р. Эмоциональная нестабильность студенческой молодежи в условиях образовательного учреждения 536
Нассер М.Г., Слесаренко З.Р. Первая в мире финансовая пирамида и вклад исаака ньютона в мировую экономику 540
Нуриахметова Ф.М. Нравственный аспект цифровой трансформации инженерного образования 544
Прец М.А., Рукавишников В.А. Особенности изучения технологии обратного проектирования при подготовке специалистов для цифровой экономики 548
Прокоп Г.С., Хисматуллин А.С. Проблема высшего инженерного образования в наше время 551
Романова Л.М. Содержание программы дисциплины по формированию компетенции самоорганизации и саморазвития у студентов вузов 554
Рукавишников В.А., Прец М.А. Образование и 3*D* цифровая индустриальная революция 560
Сафаров И.М., Баймурзин А.Х., Сафин М.А. Технологии *VR* и *AR* в обучении инженерных кадров 563

Сафина К.И., Зарипова Р.С. Человек и цифровая реальность 566
Селезнев Д.К., Пелевин О.В. Анализ трендов по инвестиционным площадкам в мировой практике..... 570
Селезнев Д.К., Пелевин О.В. О мониторинге законодательства в сфере организации пассажирских перевозок в Республике Татарстан 574
Селезнев Д.К., Пелевин О.В. Агломерации как перспективный тренд развития муниципалитетов Республики Татарстан (на примере Казанской агломерации)..... 575
Слесаренко З.Р. История развития техники в инженерном образовании 580
Тазтдинова О.Ю., Шарипов И.И. Отечественные системы автоматизированного проектирования как альтернатива Autodesk Inventor 584
Торкунова Ю.В. Актуальные вопросы подготовки кадров в сфере искусственного интеллекта 587
Филимонов С.С., Хамитова Д.В. Динамические трёхмерные модели в образовательной деятельности в области энергетики 590
Хамитова Д.В., Филимонов С.С. Широкий спектр возможностей программы Компас-3*D*..... 593
Хатипова Л.Ф., Шарипов И.И. Роль Компас-3*D* в приборостроении..... 596
Хусаинова К.Л. Современные международные отношения России и Республики Беларусь в энергетике..... 599
Хуторова Л.М. Методический аспект организации проектной работы студентов ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» в процессе изучения дисциплины «История»..... 602

Направление 5. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Ахметвалеева Л.В., Баганов М.А., Гильфанов К.Х. На объектах ЖКХ и промышленности обработка аналогового сигнала на базе AVR контроллеров..... 605
Бакиров Р.Т. Надежность и точность электромагнитного преобразователя расхода на объектах теплоснабжения..... 608
Вагапов А.И., Галиева Т.Г. Акустический метод мониторинга высоковольтных изоляторов с построением и анализом амплитудно-фазового распределения частичных разрядов 612
Голенищев-Кутузов А.В., Семенников А.В., Харченко С.Б., Аввакумов М.В. Электромагнитный расходомер переменного перепада давления..... 615

Краев Д.В., Абусагитов И.Р. Проблемы определения метрологических характеристик средств измерений при синхронизации с эталоном по цифровому каналу 618
Маслов С.Ю., Хамидуллин И.Н. Датчики мониторинга параметров ВЛЭП 621
Маслов С.Ю., Хамидуллин И.Н., Когеткова А.А. Использование технологии 3Д печати для системы мобильной плавки гололедообразования 624
Шабалин А.С. Оценка факторов, влияющих на метрологические характеристики кориолисовых расходомеров 627
Шабалина О.К. Моделирование утечек жидкости в трубопоршневых поверочных установках 630

Направление 6. СВЕТОТЕХНИКА

Ахмадуллин Д.И., Шириев Р.Р. Светильник совмещенного освещения 634
Ашрятов А.А. Исследование влияния оптических элементов светодиодной лампы-ретрофита на ее световые параметры 637
Баюшкина И.А., Горбунов А.А. Аварийное освещение. Исследование характеристик люминесцентного аварийного светильника для общественных помещений 640
Васина А.Ю., Тукшаитов Р.Х. Исследование распределения удельной цены в зависимости от потребляемой мощности осветительного прибора 644
Востриков Д.Ю., Лепешкин Н.С., Сандаков В.Д. Принцип работы автоматического светомузыкального устройства 648
Гатупов Л.И., Тукшаитов Р.Х. Сравнение показаний двух ИК-термометров при измерении температуры металлических элементов светодиодных осветительных приборов 650
Гильманов Д.Л. Применение бустерного конвертора для устранения генерации гармоник тока энергосберегающих ламп 654
Журавлева Ю.А., Коваленко О.Ю., Микаева С.А., Чуваткина Т.А. Исследование спектральных характеристик филаментных ламп 657
Журавлева Ю.А., Микаева С.А. Исследование параметров диммируемой светодиодной лампы фирмы Smurtbuy 661

Калимуллин А.Р., Фетисов Л.В. Проектирование автоматизированной системы управления энергоснабжением освещения жилых зданий 664

Махмудов И.Ш. Микроконтроллерное устройство управления моечной машиной для гибких эндоскопов 667

Нестеркина Н.П., Олейник И.А. О влиянии форм-фактора светодиодных ламп на характер их светораспределения 672

Тукшаитов Р.Х., Новосельский В.Г., Мусин Д.Т. О параметрах необходимых для обстоятельной характеристики осветительных приборов. Анализ на примере аэродромного посадочного прожектора с запредельной потребляемой мощностью 1800 Вт 675

Чепайкин М.О., Шириев Р.Р. Использование энергии ветра для аварийного питания промышленных объектов и электроосвещения 679

Шириев Р.Р. Качество и надежность светильников уличного освещения 682

Направление 7. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СФЕРЕ ЖКХ

Абдуллина Л.В., Денисова А.Р. BIM-проектирование в частном домостроении 685

Багмут В.С., Фахрутдинов А.Ю. Возможности будущего развития и внедрения концепции «Умного города» в сфере ЖКХ в городах России 690

Бакирова Р.Р., Денисова А.Р. Интеллектуальные системы управления уличным освещением 693

Баранова В.С., Саитов С.Р. Просьюмерство как способ энергосбережения в ЖКХ 698

Бережной Я.А. Основные критерии усовершенствования систем электроснабжения 701

Брехов Е.В., Фетисов Л.В. Использование автомной системы теплоснабжения с целью повышения энергосбережения в сфере ЖКХ 704

Валеев А.И. Теплоснабжение жилых помещений с использованием нетрадиционных источников энергии 707

Волков В.В., Ивуков Д.Р., Ахмедова О.О. Повышение эффективности и снижение энергозатрат локальных очистных сооружений вторичного использования сточных вод 710

Гадельшина В.Р., Роженцова Н.В. Реверсивные светофоры как интеллектуальное управление дорожным движением 713
Гурлихина Ю.С., Денисова А.Р. Разработка системы позиционирования солнечных панелей с использованием языков стандарта МЭК61131-3 716
Карташов Д.Л., Денисова А.Р. Интеллектуальная система диагностики силовых трансформаторов 719
Мальцев И.С. Очистка воздуха методом ионизации 722
Мартынов Д.С., Шириев Р.Р. О проблеме повышения эффективности ТЭЦ 724
Мубаракшина Р.Р. Современные тенденции использования энергосберегающих технологий в жилищно-коммунальном комплексе 727
Родионов О.В., Денисова А.Р. Внедрение технологий бестопливной генерации электроэнергии на газораспределительных станциях 730
Рудаков А.И., Аптрашитов Д.С. Автоматизация процесса переработки биоотходов и получения биогаза в малогабаритных биогазовых установках 734
Рудаков А.И., Баданов К.А. Повышение эффектвности вертикальных гибридных солнечно-ветровых электроустановок на базе возобновляемых источников энергии 738
Сандаков В.Д., Садыкова Л.Р. Особенности влияния температуры и давления на процесс наработки химически активных частиц для очистки воздушной среды помещений 741
Сандаков В.Д., Фахрутдинова Т.И. Повышение эффективности развития живых организмов водной среды электрофизическими способами наработки аэроионов 744
Семенова О.Д. Проблема высших гармоник в системах электроснабжения жилых и административных зданий 747
Середа Н.В. Эффективность внедрения энергосберегающих технологий в области электроснабжения объектов ЖКХ 752
Сиразева А.Л., Зарипова Р.С. Обеспечение энергосбережения и повышения энергетической эффективности в жилищном фонде 756
Фахрутдинова Т.И., Сандаков В.Д. Влияние ионизации воздушной и водной среды на повышение качества рыбной продукции 759
Фетисов Л.В., Мурзин Э.С. Регуляторы давления в системе водоснабжения 761

Фетисов Л.В., Фахерлегаянов Р.Р., Рычков Е.В. Проектирование систем антиобледенения кровель зданий 764
Фролова М.А., Ахмедова О.О. Использование цифровых технологий для диагностики воздушных линий распределительных сетей 766
Чепайкин М.О., Шириев Р.Р. Использование энергии ветра для аварийного питания промышленных объектов 769

Направление 8. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ. КОНТРОЛЬ, АВТОМАТИЗАЦИЯ И ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК, ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ

Алексеев Е.В. Исследование характеристик трансформаторного масла 772
Атрашенко О.С., Былинкин Я.Ю., Тульчинский Д.С. Неразрушающий метод ультразвукового контроля изоляторов 776
Афлятунова Л.Г. Разработка моделей живучести технологических процессов нефтехимического производства при возмущениях в сети 110 кВ 779
Сафаров И.М., Васина А.Ю., Хусаинов А.А. Повышение эффективности работы биогазовой установки путем внедрения системы автоматического поддержания рабочей температуры в метантанках 782
Васина А.Ю., Сафин М.А. Проблемы и перспективы применения концепции интеллектуальных систем Smart-Grid на электрических подстанциях 785
Гайфуллин И.И., Муратаева Г.А. Совершенствование методики проектирования схем РЭС ЛЭП для питания потребителей 788
Галимов Р.Р., Чугунова В.Ю. Бесконтактные методы выявления неисправностей изоляторов воздушных линий 791
Галимова А.М., Куракина О.Е. Применение SCADA в системах электроснабжения 794
Гарифуллин Р.Р., Павлов А.Э., Черепенькин И.В., Павлов П.П. Отказы в контактной сети городского электрического транспорта 797
Гервасьева Ю.Р., Максимов В.В. Моделирование токопроводящих шин с помощью программного комплекса Comsol Multiphysics 800

Зиятдинов А.А., Захарова Е.В., Сафаров И.М., Сафин М.А. Анализ перспективы и возможностей мпортозамещения на объектах нефтеперерабатывающих промышленностей 803

Иванов Р.Г. Определение места повреждения на линиях электропередачи по параметрам аварийного режима 806

Иксанова Э.Р., Валиуллина Д.М., Козлов В.К. Диагностика трансформаторного масла 809

Маклецов А.М., Казка М.В., Лыу Куок Кыонг. Симметрирование фазных токов и напряжений в сетях 0,4 кВ..... 812

Каримов Р.И., Козлов А.В., Сафаров И.М., Сафин М.А. Перспективы развития автоматизированных систем контроля и управления пропускными пунктами 815

Козлов А.В., Каримов Р.И., Сафаров И.М., Сафин М.А. Система автоматизации очистки воздуха в промышленных помещениях 818

Латыпов Д.Э., Валиуллина Д.М. Методы диагностики, мониторинга, анализа и идентификации трансформаторных масел..... 821

Махмутов А.Д., Вагапов Г.В. Вибродиагностика опор воздушных линий электропередач 824

Махмутов А.Д., Вагапов Г.В. Конструкция датчика виброперемещения для производства неразрушающего контроля..... 827

Махмутов А.Д., Вагапов Г.В. Вибродиагностика линий электропередач.....830

Минанхузин И.И., Сабитов А.Х., Ахметов А.Р. Важность применения современных систем грозопеленгации при проектировании молниезащиты ВЛ 6–750 кВ 833

Минанхузин И.И., Сабитов А.Х., Ахметов А.Р. Анализ эксплуатационных свойств рансформаторного масла и синтетической диэлектрической жидкости 836

Мустафин Р.Г., Касимов В.А. Применение технологии синхронизированных векторных измерений для выполнения функций релейной защиты 839

Мухаметшин Р.Р., Сидоров А.Е. Разработка автоматизированной системы управления электроснабжением потребителя комплекса «Toshiba H2ONE» с использованием языков стандарта МЭК 61131-3 843

Наумов А.А. Выбор защитной противообледелительной жидкости..... 846

Нурмиев И.И., Хуснуллин А.А., Сафаров И.М., Сафин М.А. Сравнительный анализ использования шагового двигателя и сервомотора в станках с числовым программным управлением 850
Павлов Д.В., Сандаков В.Д. Процесс заряда аккумуляторных батарей 852
Прокопьев М.И., Сагдеев Р.Р., Муратаева Г.А. Автоматическое управление электроэнергетическими системами 855
Рамазанова Р.И. Гибридный энергетический комплекс на основе ВИЭ для развития электроснабжения регионов севера 858
Сабитов Ш.К. Сравнение зависимости электропроводности от концентрации водных растворов в некоторых соединениях 861
Сагитов А.Р., Гарифуллин М.Ш. Перспективность применения искусственных нейросетей в современной электроэнергетике 864
Соловьев Р.А., Гарифуллин М.Ш. Параметрическая диагностика и оценка состояния газотурбинных энергетических установок с использованием SCADA-технологий и имитационного моделирования 867
Третьякова Е.В., Маклецов А.М. Современные подходы к реконструкции распределительных устройств 872
Фаизов Н.Н. SCADA TRACE MODE в системе учёта энергоносителей на территории Казани 874
Фаизов Н.Н. Контроль и учёт электроэнергии с использованием дистанционного электросчётчика 877
Фаизов Н.Н. Контроль и автоматизация потерь электроэнергии 880
Фролова М.А., Ахмедова О.О. Использование цифровых технологий для диагностики воздушных линий распределительных сетей 883
Хазиев И.Н., Сабитов А.Х. Обнаружение мест повреждений на воздушных линиях электропередачи напряжением 110 кВ и выше 886
Хазиев И.Н., Сабитов А.Х. Защита высоковольтных подстанций от импульсных перенапряжений 890
Хамидуллин И.И., Наумов О.В. Эксплуатация и перспективы развития электроэнергетических систем. Контроль, автоматизация и диагностика ... 893
Черепенькин И.В., Павлов А.Э., Гарифуллин Р.Р., Павлов П.П. Методы прогнозирования технического состояния электротехнического оборудования систем электрического транспорта 896
Чиркова Д.М., Валиуллина Д.М. Цифровая подстанция 899

Шарафутдинов А.Н., Валиуллина Д.М. Импортозамещенеие в сфере электроэнергетики 902
Шарипов Б.Ф., Максимов В.В. Система бесперебойного электроснабжения газораспределительной станции при помощи электрической детандерной установки 905
Шарипова А.Р., Воркунов О.В. Трансформаторное масло и его свойства как диэлектрика 908
Шарипова А.Р., Воркунов О.В. Трансформаторное масло и способы его очистки 910

Направление 9. ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ В ЖКХ

Аверьянова А.А. Сравнение методов и подходов анализа энергетической эффективности 913
Акбиров Р.И., Курочкин И.С., Измайлова Е.В. Повышение энергетической эффективности печи косвенного нагрева нефти 916
Анпилогов Л.Д. Отопительная система с использованием теплового насоса и солнечного коллектора 918
Борисов А.Р. Особенности применения солнечных коллекторов 921
Будникова И.К., Багманова А.А. Прогнозирование режимов теплопотребления в ЖКХ 923
Валеев А.И. Теплоснабжение жилых помещений с использованием нетрадиционных источников энергии 927
Ведерникова К.О., Кесель Б.А., Кесель Л.Г., Смирнова А.С. Повышение энергоэффективности роторного теплогенератора для систем автономного теплоснабжения 930
Ведерникова К.О., Кесель Б.А., Кесель Л.Г., Смирнова А.С. Сравнительные испытания традиционного роторного теплогенератора и роторного теплогенератора с повышенной кавитацией для систем автономного теплоснабжения 934
Галимова А.Р., Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е. Эффективность применения виброакустического метода контроля для оценки технического состояния трубопроводов ЖКХ 937
Гарнышова Е.В., Измайлова Е.В., Ваньков Ю.В. Закономерность изменения собственных частот колебаний трубопроводов при нагружении давлением 940

Гатауллина И.М. Особенности расчета собственных колебаний энергетических трубопроводов 943
Гатауллина И.М. Вибрационная диагностика энергетических трубопроводов 946
Гафиатуллина К.Р., Крайков М.Д., Ваньков Ю.В. Модель многослойной теплоизоляции на основе композита из аэрогеля 949
Гервасьева Ю.Р., Максимов В.В. Моделирование токопроводящих шин с помощью программного комплекса Comsol Multiphysics 952
Даутов Р.Р., Кондратьев А.Е. Особенности применения теплонасосных отопительных систем в условиях России 955
Зайцева А.А. Особенности конструкции геотермальных станций 958
Зубаирова А.Р., Тюлькина В.Г., Бондарева Е.О. Улучшение конструктива промышленных жаротрубных водогрейных и паровых котлов 961
Кабатьева А.Ю. Применение попутного газа в качестве энергоносителя 965
Кондратьев А.Е. Особенности утилизации свалочного газа в системе теплоснабжения 968
Коныжов К.В, Политова Т.О. Проблемы энергетики. Некоторые пути решения проблем современной энергетики 971
Крайков М.Д., Гафиатуллина К.Р., Ваньков Ю.В. Перспектива применения многослойной теплоизоляции на основе композита из аэрогеля 974
Куницкий В.А. Этапы разработки методики проектирования утилизационного теплообменного аппарата 977
Макарова А.Р., Ваньков Ю.В. Инновационные материалы на основе аэрогеля в теплоснабжении 979
Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е. Ресурсосбережение путем использования биотехнологий 982
Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е. Конструктивные особенности биогазовых установок 985
Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е. Экономическое обоснование производства биогаза 989
Новосельцева Е.С., Саитов С.Р. Определение оптимальной температуры для жилых помещений 992

Пономарев Р.А., Ваньков Ю.В. Экспериментальная нагревательная установка плоского типа 995
Пономарев Р.А., Ваньков Ю.В. Подключение нескольких термопар К-типа к Arduino Uno 998
Сабиров И.М., Черный А.А., Янайкин Н.М., Звонарева Ю.Н. Снижение эксплуатационных затрат на отопление бытовых корпусов 1001
Федотова А.О., Ваньков Ю.В. Разновидности аккумуляторов теплоты на основе фазового перехода 1004
Хамидуллина Д.И., Саитов С.Р. Механизмы управления спросом потребителей электроэнергии 1007
Черный А.А., Сабиров И.М., Янайкин Н.М., Звонарева Ю.Н. Подогрев воздуха горения на печах за счет рекуперации тепла дымовых газов 1010
Якупова И.Д. Применение вибрационных колебаний для оценки технического состояния энергетических коммуникаций 1014
Якупова И.Д. Оценка технического состояния трубопроводов вибрационным методом 1017

Научное издание

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД В ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

VIII Национальная научно-практическая конференция
(Казань, 8–9 декабря 2022 г.)

Материалы конференции

Подписано в печать 19.04.2023.
Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 60,45. Уч.-изд. л. 43,44.
Заказ № 471/эл.

Центр публикационной активности КГЭУ.
420066, г. Казань, ул. Красносельская, д. 51

ISBN 978-5-89873-624-8