

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

ДАТЧИКИ МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ВЛЭП

Маслов Савелий Юрьевич¹, Хамидуллин Ильдар Ниязович²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹saveli@gmail.com, ²ildar.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 Yurievich¹, Khamidullin Ildar Niyazovich²

^{1,2}Kazan State Power Engineering University, Kazan

¹saveli@gmail.com, ²ildar.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 электrorаспределительного 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 %, В – 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 трёхпроводной 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.

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 трёхпроводной 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.

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. Mendeleev 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 $\pm 0,05$ %) 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.

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, $\pm 0,25$ % [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 результаты, 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 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 $Q_{\text{пр}}$:

$$Q_{\text{пр}} = \left[\frac{\Delta p s^3}{12\mu L} + \frac{\vartheta s}{2} \right] \pi D, \quad (1)$$

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.

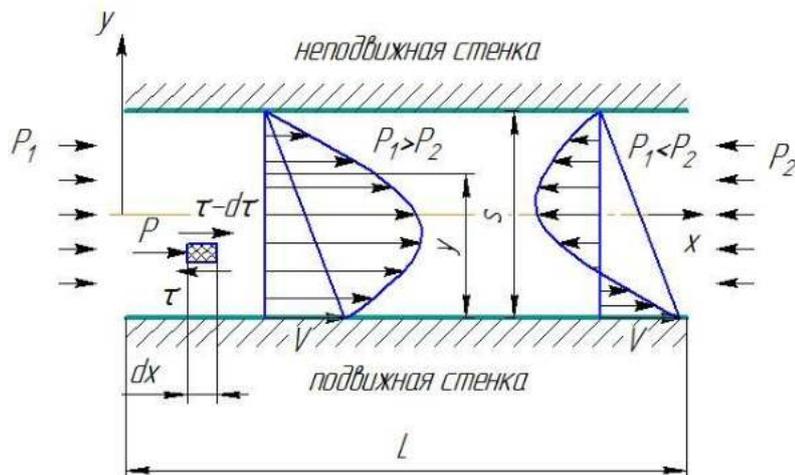


Рис. 1. Расчетная схема течения жидкости под давлением через плоскую щель (τ – напряжение сдвига, противодействующее силе, возникающей под действием перепада давления; $d\tau$ – бесконечно малая величина, на которую напряжение сдвига на верхней плоскости сдвига меньше, чем на нижней; dx – нижняя поверхность (плоскость), на которую действует напряжение сдвига)

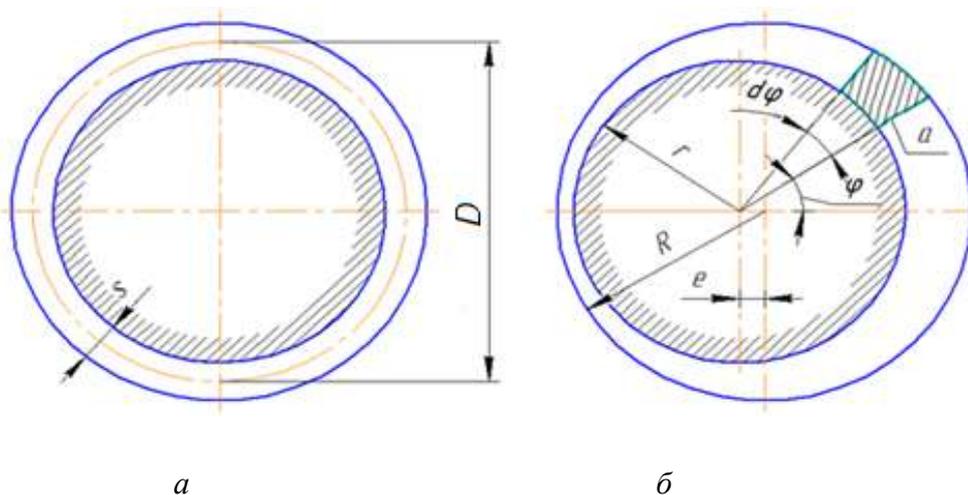


Рис. 2. Расчетные схемы течения жидкости:
 а – кольцевая щель; б – эксцентричная щель

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 Ильгизович¹, Шириев Равиль Рафисович²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹bin@mail.ru, ²fio@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 Ilgizovich¹, Shiriev Ravil Rafisovich²

^{1,2}Kazan State Power Engineering University, Kazan

¹bin@mail.ru, ²fio@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 чрезмерный 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 светодиодов.

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.

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.

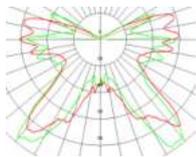
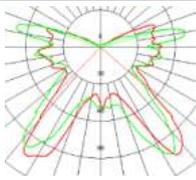
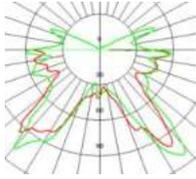
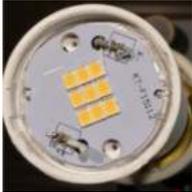
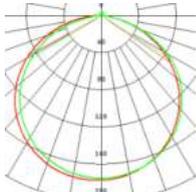
В настоящее время номенклатура светодиодных (СД) ламп-ретрофитов постоянно расширяется. Это связано с тем, что СД аналоги традиционных ламп должны не только генерировать такой же световой поток как и заменяемая традиционная лампа, но и иметь, в идеале, такое же светораспределение светового потока в пространстве. 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.

АВАРИЙНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ. ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО АВАРИЙНОГО СВЕТИЛЬНИКА ДЛЯ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Баюшкина Ирина Александровна¹, Горбунов Алексей Алексеевич²
^{1,2}ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва», г. Саранск
¹irina2309999@yandex.ru, ²alexds@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 Alexandrovna¹, Gorbunov Alexey Alekseevich²
^{1,2}National Research Mordovia State University, Saransk
¹irina2309999@yandex.ru, ²alexds@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 ИЕС 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 ИЕС 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 аварийном режиме зависит от режима включения ламп.

Исследование световых характеристик экспериментального образца представлены на рис. 2.

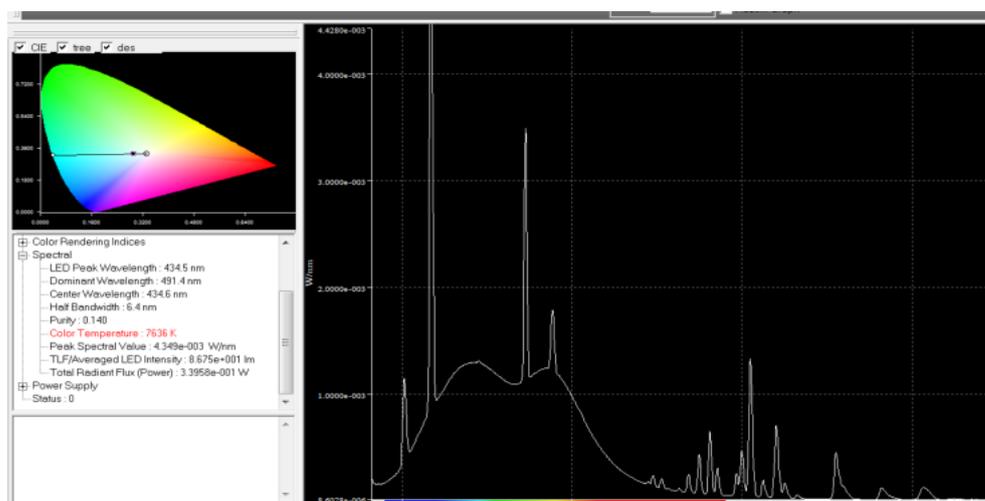


Рис. 2. Световые характеристики экспериментального аварийного светильника

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 исследованию 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_Oxрана_truda.pdf (дата обращения: 19.10.2022).

3. ГОСТ ИЕС 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.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УДЕЛЬНОЙ ЦЕНЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ ОСВЕТИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА

Васина Анжелика Юрьевна¹, Тукшаитов Рафаил Хасьянович²
^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
¹anzhyan@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, которая составляет порядка 150 руб./Вт.

Ключевые слова: эффективный диапазон светотдачи, 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 Yurievna¹, Tukshaitov Rafail Khasyanovich²
^{1,2}Kazan State Power Engineering University, Kazan
¹anzhyan@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 светотдачи, критерияльное 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 светотдачей, 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.

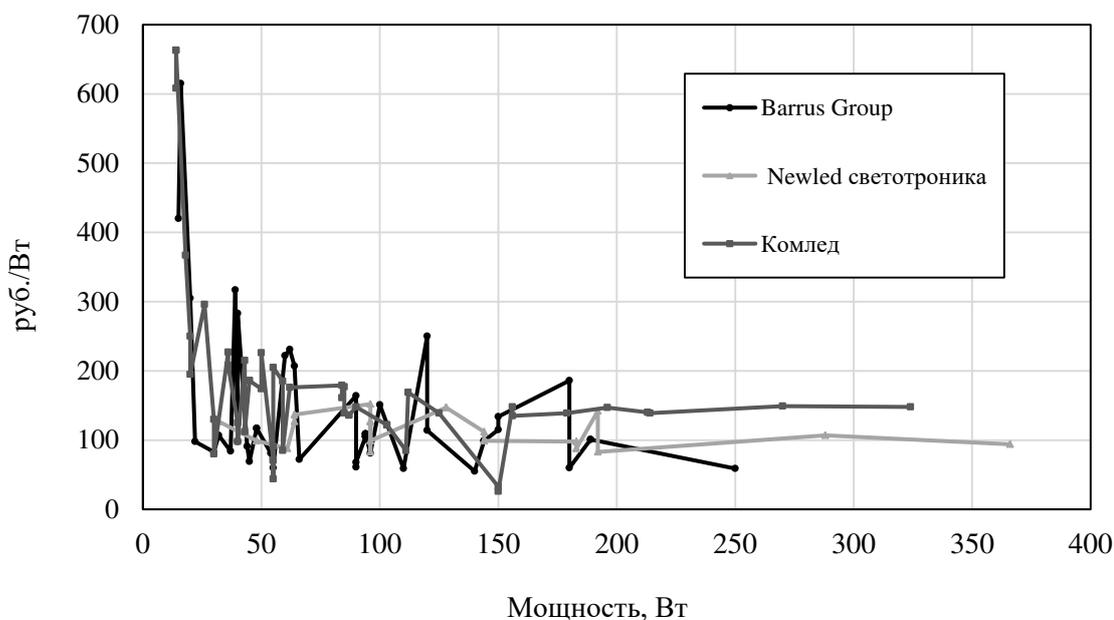


Рис. 1. Зависимость удельной цены от потребляемой мощности у СДС различных фирм

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 $\pm 50\%$. 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.

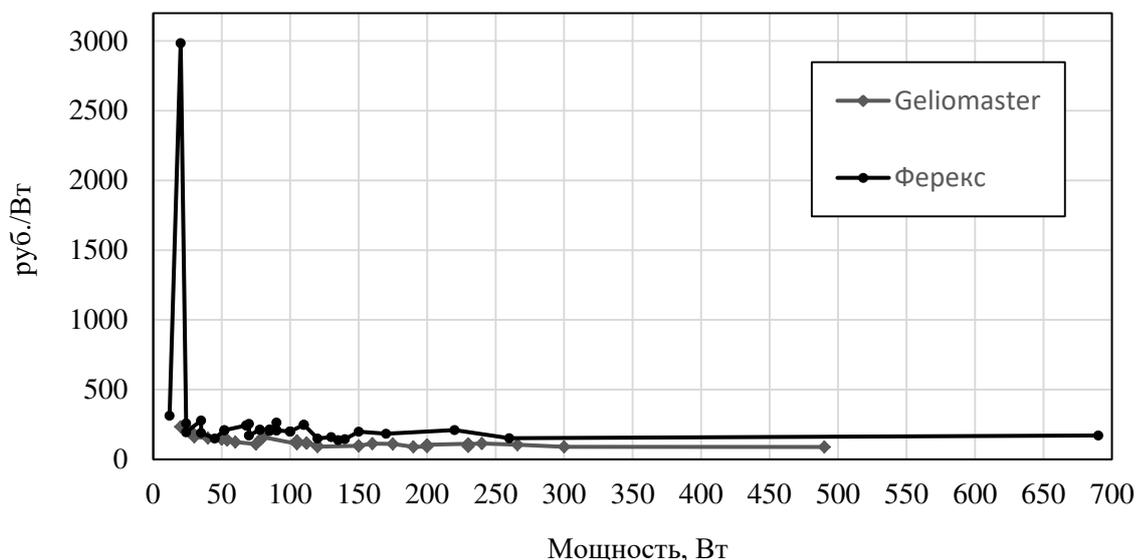


Рис. 2. Зависимость удельной цены от потребляемой мощности СДС двух фирм

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 раза большую (205 руб./Вт). Удельные цены от 420 до 2 985 руб./Вт статистически были отнесены к промахам и не учитывались при определении 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.

ПРИНЦИП РАБОТЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО СВЕТОМУЗЫКАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА

Востриков Денис Юрьевич¹, Лепешкин Николай Сергеевич²,
Сандаков Виталий Дмитриевич³

^{1,2,3} ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹denisesenina@yandex.ru, ²loshkin60@mail.ru, ³vitalysandakov@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 Yurievich¹, Lepeshkin Nikolai Sergeevich²,
Sandakov Vitaliy Dmitrievich³

^{1,2,3}Kazan State Power Engineering University, Kazan

¹denisesenina@yandex.ru, ²loshkin60@mail.ru, ³vitalysandakov@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.

СРАВНЕНИЕ ПОКАЗАНИЙ ДВУХ ИК-ТЕРМОМЕТРОВ ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ СВЕТОДИОДНЫХ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Гатупов Ленар Ирекович¹, Тукшаитов Рафаил Хасьянович²
^{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 Irekovich¹, Tukshaitov Rafail Khasyanovich²
^{1,2}Kazan State Power Engineering University, Kazan
lenar.gatupov@mail.ru

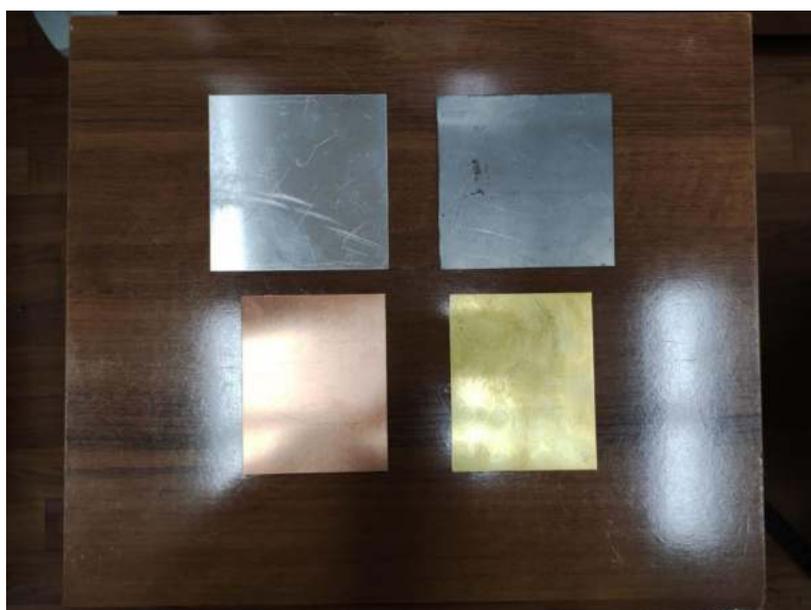
The paper presents the results of temperature readings of metallic materials using two types of pyrometers. A pyrometer was compared with emissivity adjustment functions with a non-adjustable pyrometer. The factors influencing the error of measuring instruments are considered.

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 именуется 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 электрплитки, температура 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 температуре поверхности плитки. Путем поэтапного уменьшения поправочного коэффициента до 0,1 удается погрешность измерения ИК-термометров 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. Saarbrücken, Deutschland. LAMBERT Academic Publishing, 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.

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 потребителей 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).

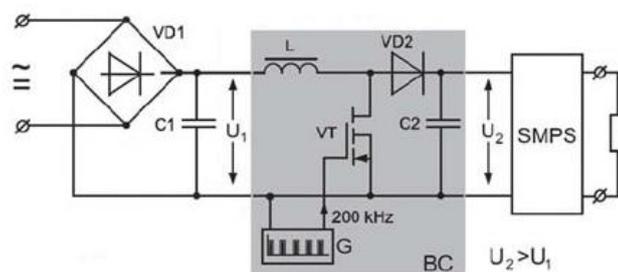


Рис. 1. Бустерный конвертер и его подключение к импульсному источнику питания

В научно-исследовательской лаборатории кафедры электропривода и электротехники ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» было проведено исследование с использованием бустерного конвертера. Смоделированы осциллограммы кривых тока, которые свидетельствуют об эффективности применения многофункционального конвертера 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 конвертера [2] и с использованием бустерного [3] (рис. 2).

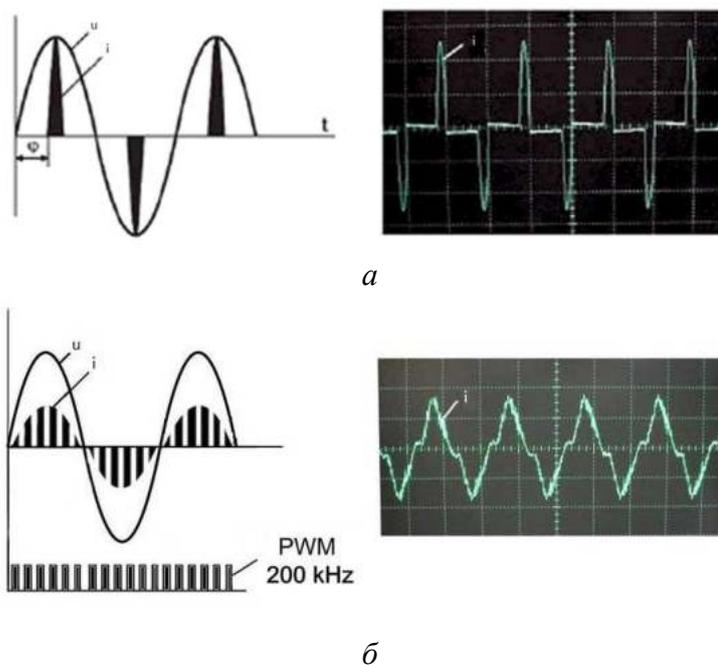


Рис. 2. Временные диаграммы напряжения и тока энергосберегающей лампы без бустерного конвертера (а) и с ним (б)

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.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФИЛАМЕНТНЫХ ЛАМП

Журавлева Юлия Алексеевна¹, Коваленко Ольга Юрьевна²,
Микаева Светлана Анатольевна³, Чуваткина Татьяна Александровна⁴
^{1,3}ФГБОУ ВО «РТУ-МИРЭА», г. Москва,
^{2,4}ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарёва», г. Саранск,
¹ulypil@mai.ru, ²crystal2000@mail.ru, ³mikaeva_s@mirea.ru,
⁴chuvatkinatanya@rambler.ru

В статье приводится анализ результатов исследований спектральных характеристик filamentных светодиодных ламп мощностью 10 и 13 Вт и традиционной лампы накаливания.

Ключевые слова: источник света, filamentная светодиодная лампа, спектральное распределение, мощность.

INVESTIGATION OF THE SPECTRAL CHARACTERISTICS OF FILAMENT LAMPS

Zhuravleva Yulia Alekseevna¹, Kovalenko Olga Yurievna²,
Mikaeva Svetlana Anatolyevna³, Chuvatkina Tatyana Aleksandrovna⁴
^{1,3} FGBOU VO "RTU-MIREA", Moscow,
^{2,4}National Research Mordovia State University, Saransk

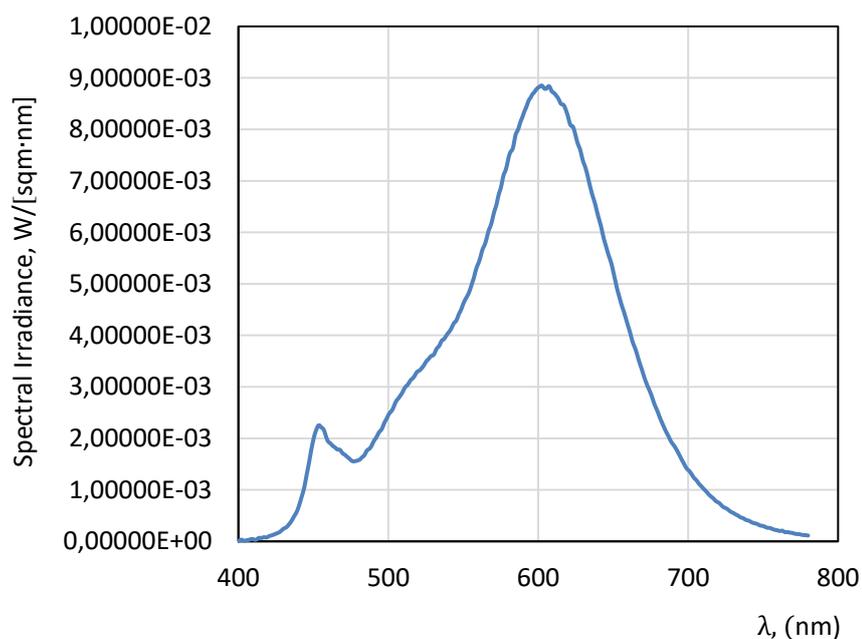
The article analyzes the results of research on the spectral characteristics of filament LED lamps with a power of 10 and 13 W and a traditional incandescent lamp.

Key words: light source, LED filament lamp, spectral distribution, power.

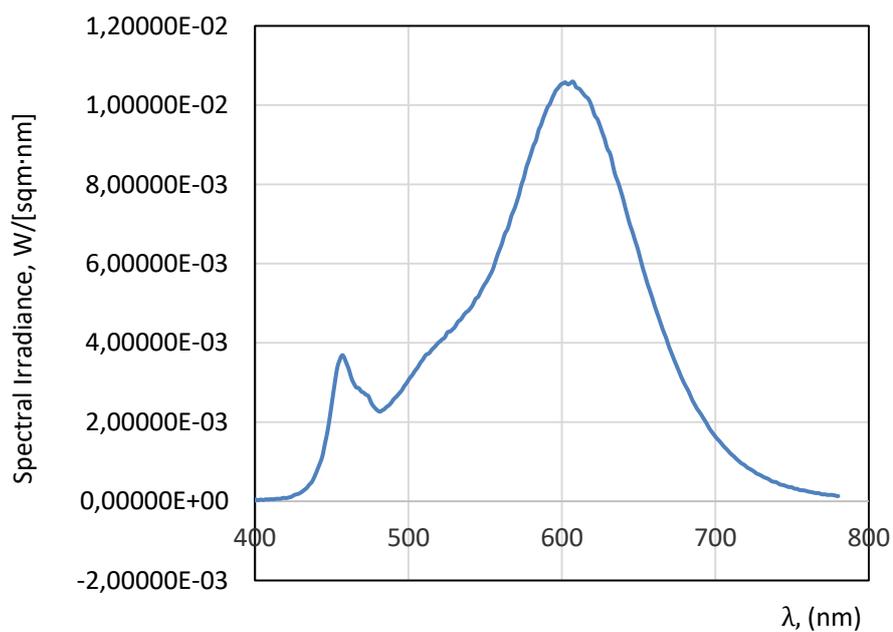
Энергосбережение – одна из самых популярных тенденций современности. Энергосберегающие технологии применяются практически в каждой сфере производства, в том числе и на современном рынке светотехники. В настоящее время все чаще и чаще применяются новые filamentные лампы в целях освещения общественных и бытовых помещений, исследования характеристик которых отражены в работах авторов [1–6].

В целях определения адекватной замены лампы накаливания на светодиодные энергоэффективные filamentные лампы, в розничной торговой сети города Саранск были приобретены filamentные светодиодные лампы мощностью 10 и 13 Вт General Lighting Systems

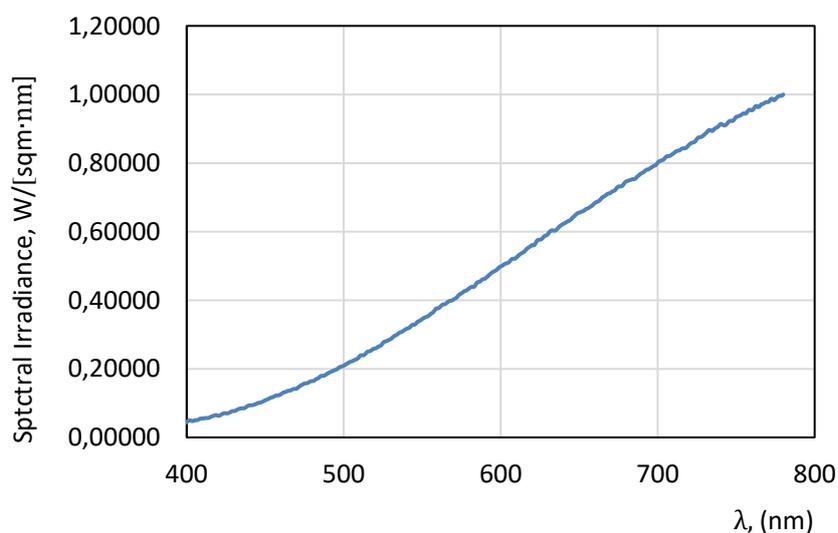
и лампа накаливания мощностью 60 Вт. Для оценки спектрального распределения излучения светодиодных ламп проводились измерения в лаборатории ЦКП «Светотехническая метрология» с помощью спектро- радиометра согласно ГОСТ 55703. Измерения исследуемых ламп проводились в помещении, стены, пол и потолок которого имели глубокоматовое черное покрытие (рис. 1).



a



b



6

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 лампы 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 filamentных ламп разной мощности после их включения // Практическая силовая электроника. 2018. № 2. С. 49–52.

3. Тукшаитов Р.Х., Гусманов М. Типовые и filamentные 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).

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДИММИРУЕМОЙ СВЕТОДИОДНОЙ ЛАМПЫ ФИРМЫ SMURTBUY

Журавлева Юлия Алексеевна¹, Микаева Светлана Анатольевна²

^{1,2}ФГБОУ ВО «РТУ-МИРЭА», г. Москва,

¹ulypil@mai.ru, ²mikaeva_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 Alekseevna¹, Mikaeva Svetlana Anatolyevna²

^{1,2}FGBOU VO “RTU-MIREA”, Moscow

¹ulypil@mai.ru, ²mikaeva_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].

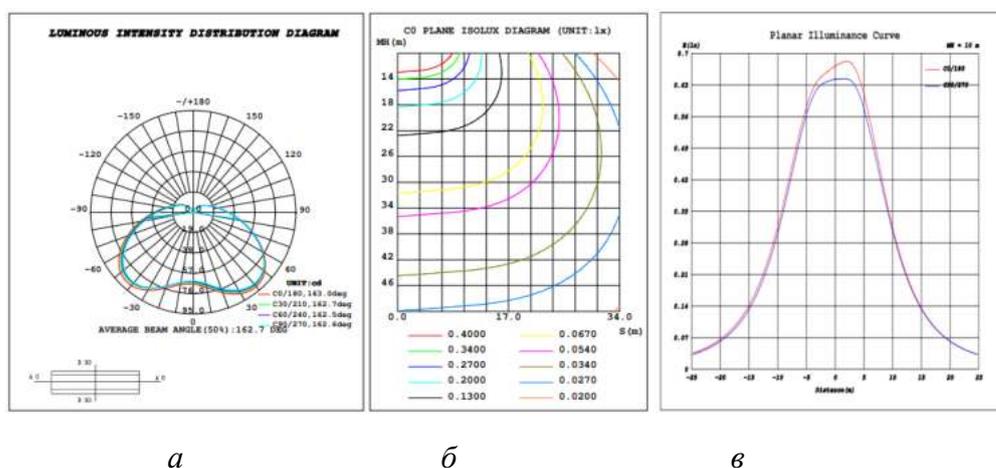
В качестве исследуемой лампы была выбрана маломощная диммируемая светодиодная лампа мощностью 7 Вт фирмы-изготовителя Smurtbuy (рис. 1).



Рис. 1. Упаковка исследуемой лампы с её изображением

Для измерения пространственного распределения излучения и светового потока использовался гониофотометр GO-2000А. 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.



a

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: *a* – 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:

$R1 - 70,54; R2 - 80,6; R3 - 88,97; R4 - 71,30;$

$R5 - 69,05; R6 - 72,38; R7 - 80,30; R8 - 50,98;$

$R9 - 20,36; R10 - 54,25; R11 - 66,71; R12 - 45,67;$

$R13 - 72,01; R14 - 93,37; R15 - 63,72; Ra - 73,02.$

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 выше 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.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕМ ОСВЕЩЕНИЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Калимуллин Артур Равилевич¹, Фетисов Леонид Валерьевич²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹artur-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

¹artur-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 управлению 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).

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).

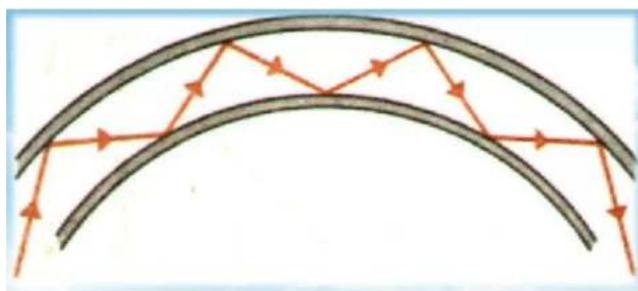


Рис. 1. Эффект полного внутреннего отражения света в оптическом волокне

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;

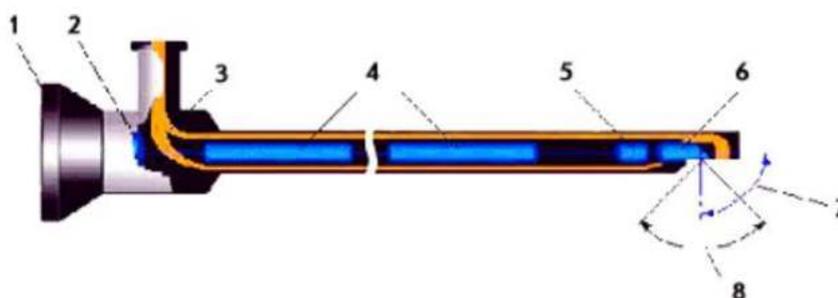


Рис. 2. Устройство жесткого эндоскопа: 1 – наглазник; 2 – окуляр; 3 – волоконно-оптический канал подсветки; 4 – передающая оптика; 5 – объектив; 6 – призма; 7 – угол направления наблюдения (90°); 8 – угловое поле зрения

– 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 *б*, 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.

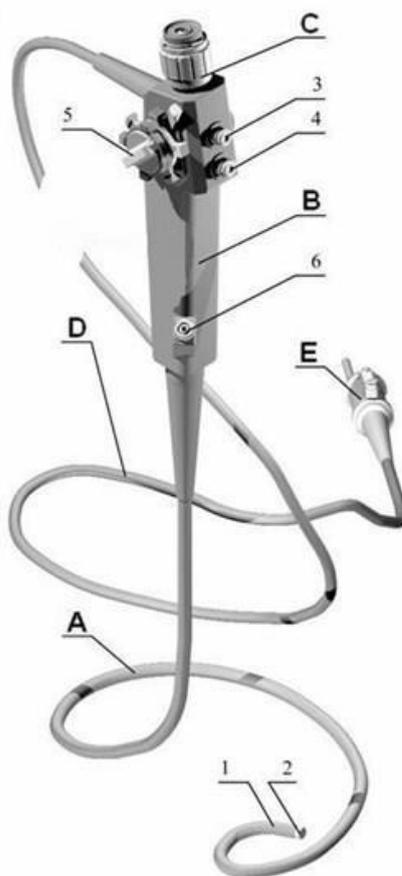


Рис. 3. Устройство гибкого эндоскопа: *A* – гибкая рабочая часть; *B* – корпус устройства; *C* – окуляр; *D* – соединительный кабель; *E* – разъем осветителя; *1* – управляемый дистальный конец; *2* – головка; *3* – кнопка подачи воды и воздуха; *4* – кнопка управления аспирацией; *5* – ручки управления дистальной частью; *б* – 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.

О ВЛИЯНИИ ФОРМ-ФАКТОРА СВЕТОДИОДНЫХ ЛАМП НА ХАРАКТЕР ИХ СВЕТОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Нестеркина Нина Петровна¹, Олейник Илья Алексеевич²

^{1,2}ФГБОУ ВО «МГУ им. Н. П. Огарева», г. Саранск

¹nesterkina.n@mail.ru, ²oleynik_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 Petrovna¹, Oleynik Ilya Alekseevich²

^{1,2}FGBOU VO "MGU N.P. Ogarev", Saransk

¹nesterkina.n@mail.ru, ²oleynik_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 комплексе 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.

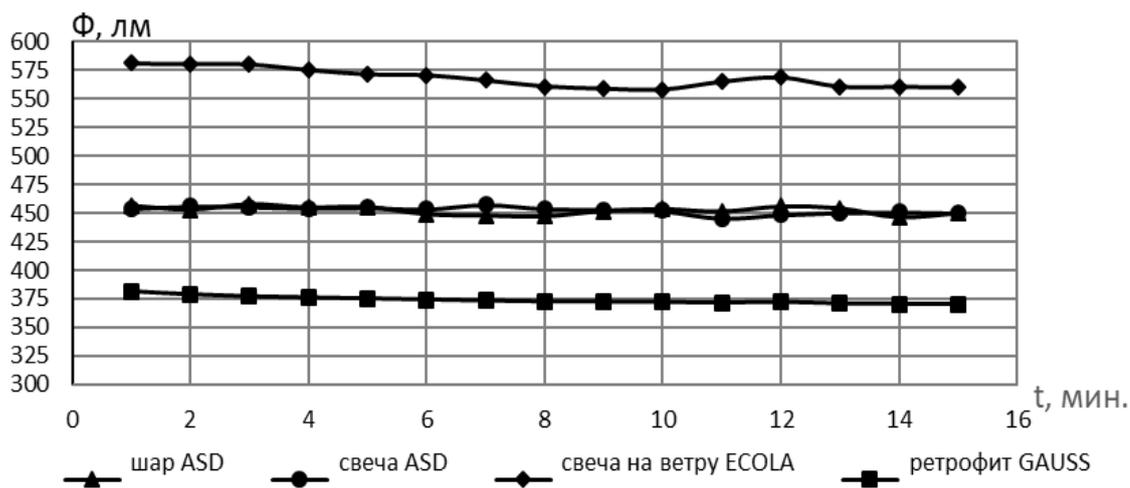


Рис. 1. Изменение светового потока исследуемых ламп в период стабилизации

Существенные различия наблюдаются в характере светораспределения данных источников света. Полученные кривые силы света (КСС) представлены на рис. 2.

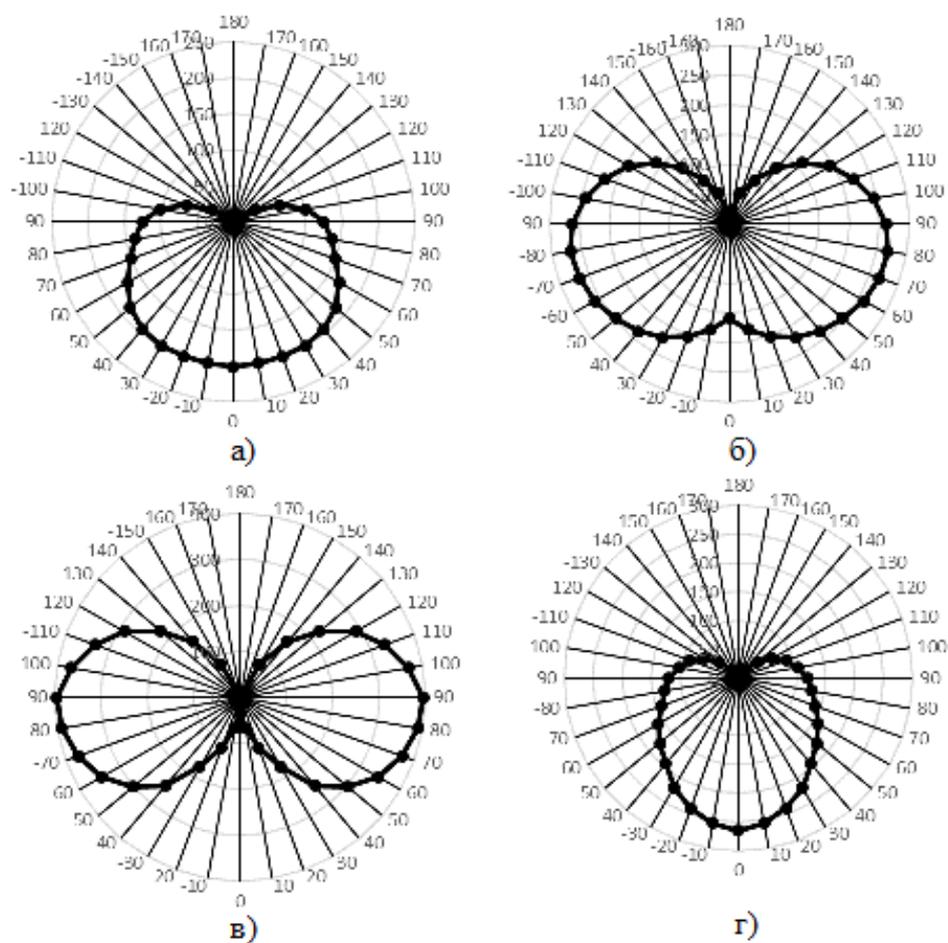


Рис. 2. КСС исследуемых светодиодных ламп: а – «шар»; б – «свеча»; в – «свеча на ветру»; г – «рефлектор»

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 $110...90^\circ$.

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 ИЕС 62612–2019. Лампы светодиодные со встроенным устройством управления для общего освещения на напряжения свыше 50 В. Эксплуатационные требования. М.: Стандартинформ. 2019. 32 с.

**О ПАРАМЕТРАХ НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОБСТОЯТЕЛЬНОЙ
ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ.
АНАЛИЗ НА ПРИМЕРЕ АЭРОДРОМНОГО ПОСАДОЧНОГО
ПРОЖЕКТОРА С ЗАПРЕДЕЛЬНОЙ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ
МОЩНОСТЬЮ 1800 Вт**

Тукшаитов Рафаил Хасьянович¹, Новосельский Вячеслав Григорьевич²,
Мусин Дамир Талгатович³
^{1,2,3}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
¹trh_08@mail.ru

Проведен анализ технических характеристик недавно описанного в литературе аэродромного посадочного светодиодного прожектора АСП «Гелиос» с запредельной потребляемой мощностью в 1800 Вт. Применяв 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 Khasyanovich¹, Novoselsky Vyacheslav Grigorievich²,
Musin Damir Talgatovich³
^{1,2,3}Kazan State Power Engineering University, Kazan
¹trh_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 м². 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 komponуются 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 «Фаворитъ» (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.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ВЕТРА ДЛЯ АВАРИЙНОГО ПИТАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ И ЭЛЕКТРООСВЕЩЕНИЯ

Чепайкин Максим Олегович¹, Шириев Равиль Рафисович²
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
¹maxi.chep@bk.ru, ²shrr@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 сравнительного 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 Olegovich¹, Ravil Rafisovich Shiriev²
^{1,2}Kazan State Power Engineering University, Kazan
¹maxi.chep@bk.ru, ²shrr@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 электропримемников 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 выбран 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.

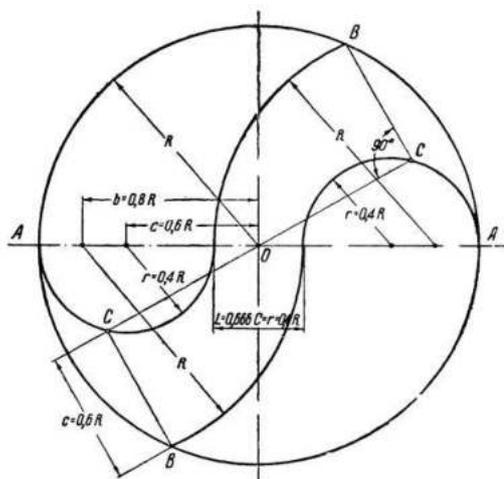


Схема лопастей генератора Угринского

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.

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, $L_{\text{ср}}$, кд/м²; общая равномерность распределения яркости дорожного покрытия, $L_{\text{мин}}/L_{\text{ср}}$; продольная равномерность распределения яркости дорожного покрытия, $L_{\text{мин}}/L_{\text{макс}}$; средняя освещенность дорожного покрытия, $E_{\text{ср}}$, лк; равномерность распределения освещенности дорожного покрытия, $E_{\text{мин}}/E_{\text{ср}}$.

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. Исыхаэфу 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

ВІМ-ПРОЕКТИРОВАНИЕ В ЧАСТНОМ ДОМОСТРОЕНИИ

Абдуллина Лилия Венеровна¹, Денисова Алина Ренатовна²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹lili6_93@mail.ru, ²denisova_ar@mail.ru

В данной работе проанализированы вопросы развития и реализации ВІМ технологий в сфере проектирования частного домостроения. Также были рассмотрены положительные и отрицательные стороны данной технологии в сравнении традиционным проектированием. ВІМ-технологий в сопоставлении с традиционным проектированием. Сформулированы заключения, и перспективы на будущее.

Ключевые слова: Система электроснабжения, ВІМ-проектирование, энергетика, проектирование, частное домостроение, информационное моделирование, программные комплексы.

BIM -DESIGN IN PRIVATE HOUSING CONSTRUCTION

Liliya Venerovna Abdullina¹, Denisova Alina Renatovna²

^{1,2}Kazan State Power Engineering University, Kazan

¹lili6_93@mail.ru, ²denisova_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 значит 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 Nanosad, 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].

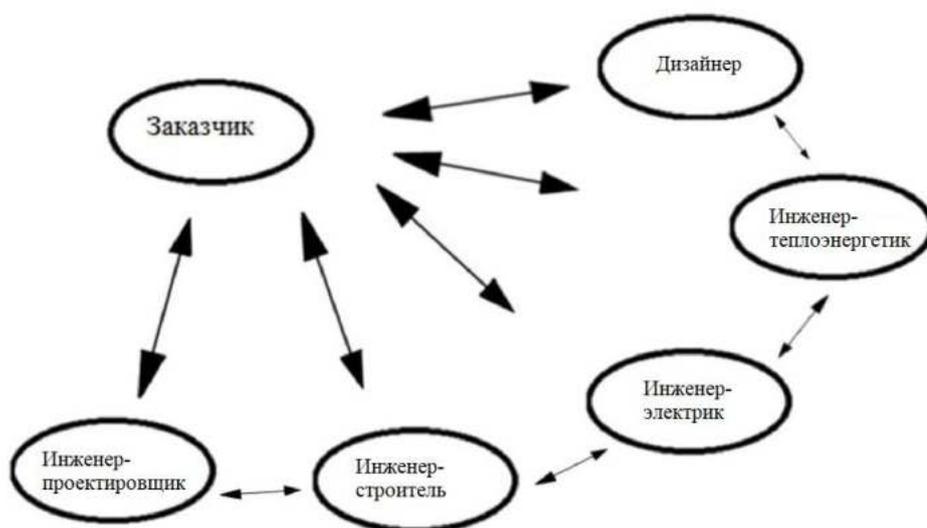


Схема работы BIM-проектирования

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.

ВОЗМОЖНОСТИ БУДУЩЕГО РАЗВИТИЯ И ВНЕДРЕНИЯ КОНЦЕПЦИИ «УМНОГО ГОРОДА» В СФЕРЕ ЖКХ В ГОРОДАХ РОССИИ

Багмут Владислав Сергеевич¹, Фахрутдинов Айрат Юсупович²
^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
¹fahrutdinov2001@mail.ru, ²vlad.ehp@gmail.com

В этой статье рассматриваются возможности внедрения 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 Sergeevich¹, Fakhrutdinov Airat Yusupovich²
^{1,2}Kazan State Power Engineering University, Kazan
¹fahrutdinov2001@mail.ru, ²vlad.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 прийти 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 (сiмi) 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 Минстроля 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).

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УЛИЧНЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ

Бакирова Рузиля Ралифовна¹, Денисова Алина Ренатовна²
^{1,2} ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
¹r.bakirova2017@yandex.ru, ²denisova_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's¹, Denisova Alina Renatovna²
^{1,2}Kazan State Power Engineering University, Kazan
¹r.bakirova2017@yandex.ru, ²denisova_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 электрооснабжением 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.

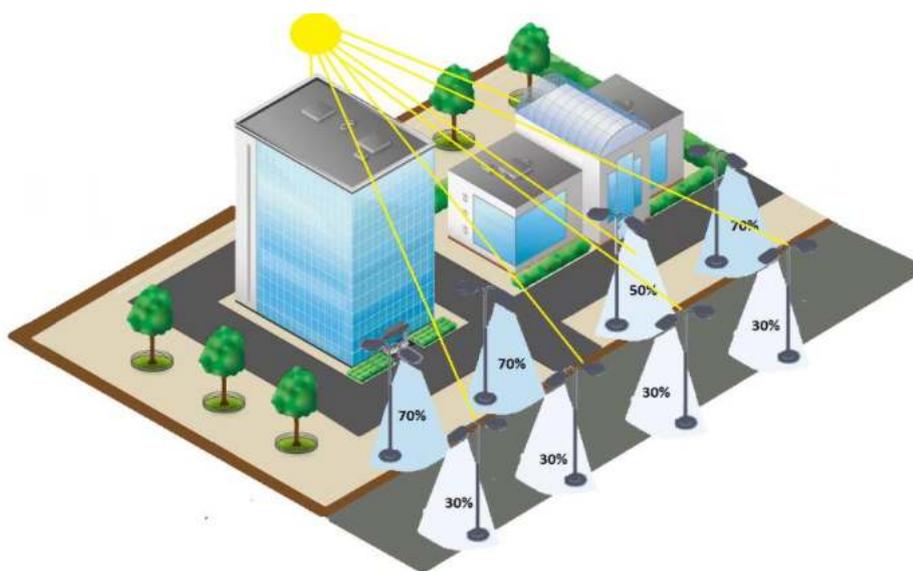
Основной функциональной зависимостью системы управления уличным освещением, является зависимость мощности осветительной установки от естественной освещенности $P = f(E)$. Для получения этой зависимости необходимо определить зависимость освещенности, создаваемой на дорожном покрытии осветительной установкой от ее мощности $E_{\text{осв}} = f(P)$. 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 $E_{\text{д.п}} = E_{\text{осв}} + E$.

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 освещенности 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 $E=\{E1, E2, \dots, En\}$ и соответствующих им выходных значений мощности $P=\{P1, P2, \dots, Pn\}$, 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.

ПРОСЬЮМЕРСТВО КАК СПОСОБ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЖКХ

Баранова Вера Сергеевна¹, Сайтов Станислав Радикович²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹v_baranova02@mail.ru, ²caapel@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 RUSALITIES

Baranova Vera Sergeevna¹, Saitov Stanislav Radikovich²

^{1,2}Kazan State Power Engineering University, Kazan

¹v_baranova02@mail.ru, ²caapel@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 зелёный тариф, благодаря которому происходит внедрение передовых технологий в жизни потребителей. Зелёный тариф – это доход, который потребители получают от продажи государству излишек электроэнергии из альтернативных источников энергии [2]. С помощью зелёного 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 обратиться 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 стоить 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] // Encyclopaedia 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. Сайтов 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».

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 декабря 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.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМНОЙ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В СФЕРЕ ЖКХ

Брехов Евгений Викторович¹, Фетисов Леонид Валерьевич²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹brekhov_zhenya@mail.ru, ²leonidfetisov@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 Victorovich¹, Fetisov Leonid Valerievich²

^{1,2}Kazan State Power Engineering University, Kazan

¹brekhov_zhenya@mail.ru, ²leonidfetisov@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 расщеплений 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=19vlto7mf083311652 (дата обращения: 30.10.2022).

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕТРАДИЦИОННЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Валеев Аяз Ильнурович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
¹wotaaiaz@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 воздухопроводов. Для увеличения теплоэффективности применяется принудительное распределение воздуха.

Недостатком такого способа отопления является необходимость постоянного подвода топлива для горения и наличия 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.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЗАТРАТ ЛОКАЛЬНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ВТОРИЧНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД

Волков Владислав Вадимович¹, Ивуков Даниил Романович²,
Ахмедова Ольга Олеговна³

^{1,2,3}Камышинский технологический институт (филиал)
ФГБОУ ВО «ВолгГТУ», г. Камышин

¹vladislavvolkov97290@gmail.com, ²lvukovdaniil@gmail.com, ³Ahmedova-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 Vadimovich¹, Ivukov Daniil Romanovich², Akhmedova Olga Olegovna³
^{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 хозяйственных стоков с высокой степенью очистки для ее повторного использования (рис. 2) [2].



Рис. 1. Основные источники образования сточных вод и объем их сброса

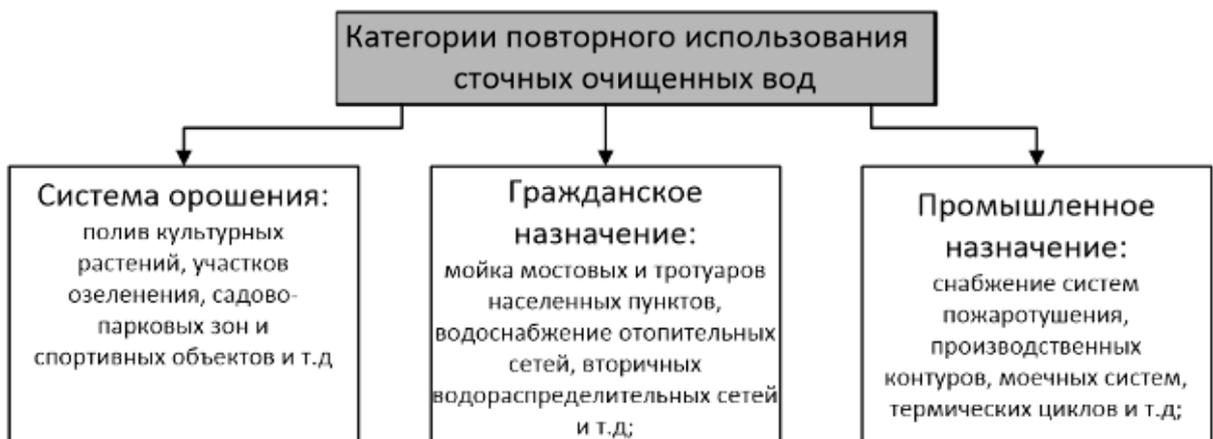


Рис. 2. Категории повторного использования сточных вод

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 обеззараживания воды / Л.М. Васильяк [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.

РЕВЕРСИВНЫЕ СВЕТОФОРЫ КАК ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Гадельшина Вилена Радиковна¹, Роженцова Наталья Владимировна²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹vilena.gadelshina.00@mail.ru, ²natalia15969@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 Radikovna¹, Rozhentsova Natalia Vladimirovna²

^{1,2}Kazan State Power Engineering University, Kazan

¹vilena.gadelshina.00@mail.ru, ²natalia15969@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.

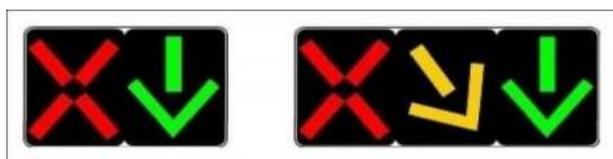


Рис. 1. Внешний вид реверсивных светофоров

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).

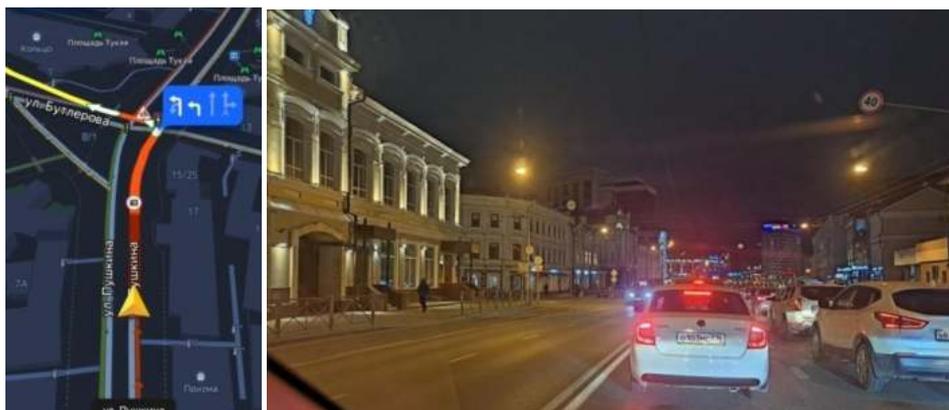


Рис. 2. Пробки в центре Казани, где целесообразно было бы установить реверсивные светофоры

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.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯЗЫКОВ СТАНДАРТА МЭК61131-3

Гурлихина Юлия Сергеевна¹, Денисова Алина Ренатовна²
^{1,2} ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
¹gurlikhina99@mail.ru, ²denisova_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 Sergeevna¹, Denisova Alina Renatovna²
^{1,2}Kazan State Power Engineering University, Kazan
¹gurlikhina99@mail.ru, ²denisova_ar@mail.ru

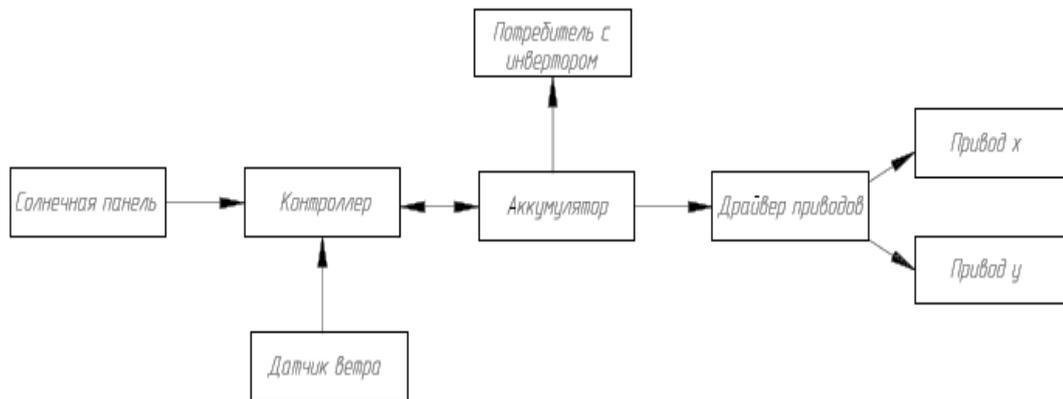
To date, the use of solar panels as an additional source of electricity among the population of Russia has become increasingly popular. The increase in electricity generation of solar panels is current. One way to solve this problem is to control the position of the solar panels. This paper describes 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 актуаторами, 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 предназначенный для 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 $\alpha = 15^\circ$ по горизонтальной оси. Основываясь на этих данных, сделаем автоматизацию движения панелей в зависимости от времени суток.

Для этого надо внести переменные времени: $X1$ – в 7:00 утра панель находится в положении 0° ; $X2$ – через 3 ч, т. е. в 10:00 поворот еще на 45° ; $X3$ – через 3 ч на 45° в 13:00; $X4$ – вечер 16:00 плюс 45° ; $X5$ – ночь 19:00 поворот панели на восток, в исходное состояние. Панели будут поворачиваться с помощью актуатора 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 $\beta = 45^\circ$ в положение параллельно земле, после панель возвращается на угол $\beta = 45^\circ$. 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 $\alpha = 45^\circ$ 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.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Карташов Даниил Леонидович¹, Денисова Алина Ренатовна²
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
¹karta.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 Leonidovich¹, Denisova Alina Renatovna²
^{1,2}Kazan State Power Engineering University, Kazan
¹karta.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.

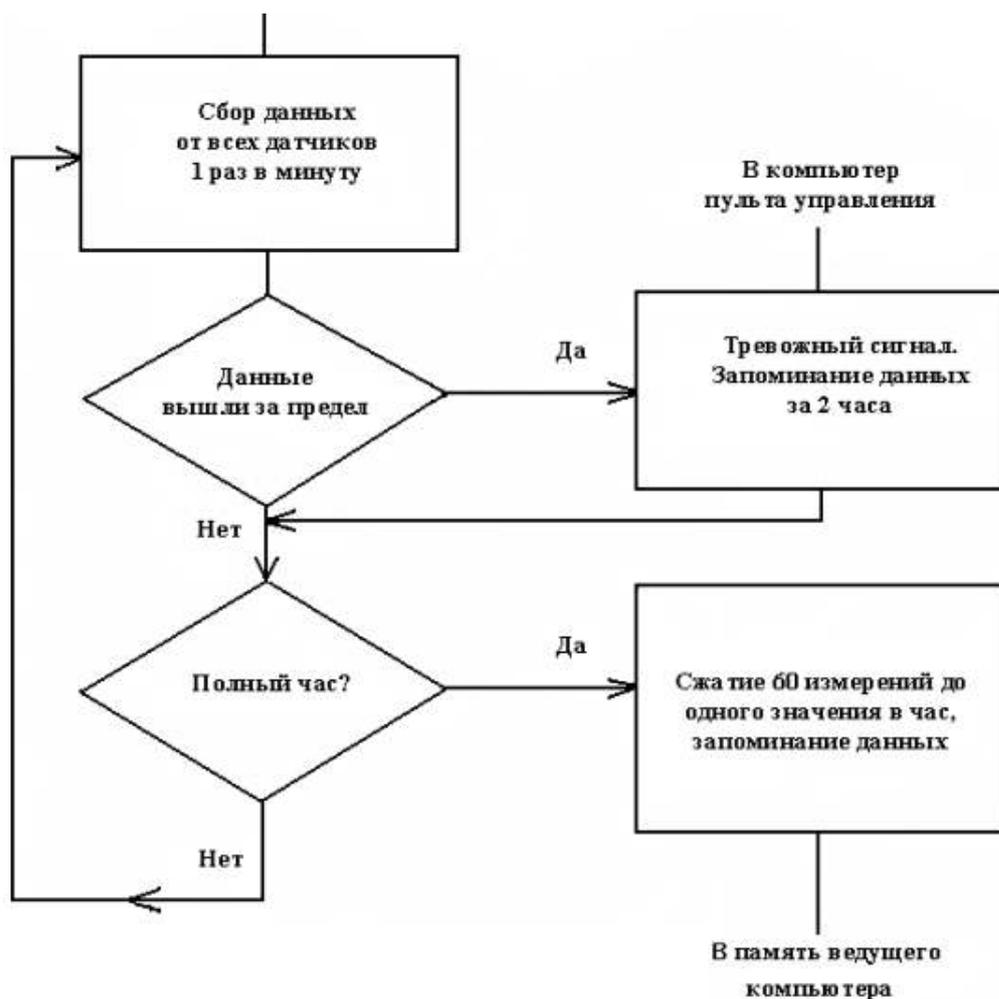
В настоящее время диагностика трансформатора требует проведения ряда сложных и трудоемких испытаний, так как современные методы диагностики не всегда могут точно указать на место дефекта и причину ненормированной работы. Для проведения этих испытаний необходимо отключение трансформатора и его расшиновка, 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.

ОЧИСТКА ВОЗДУХА МЕТОДОМ ИОНИЗАЦИИ

Мальцев Илья Сергеевич
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
Pyamlcv12@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
Pyamlcv12@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/см³, а отрицательных – от 600 до 5000 ионов/см³ [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).

О ПРОБЛЕМЕ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЭЦ

Мартынов Дмитрий Сергеевич¹, Шириев Равиль Рафисович²
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
¹Martynovdima11@gmail.com, ²shrr@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 Sergeevich¹, Shiriev Ravil Rafisovich²
^{1,2}Kazan State Power Engineering University, Kazan
¹Martynovdima11@gmail.com, ²shrr@list.ru

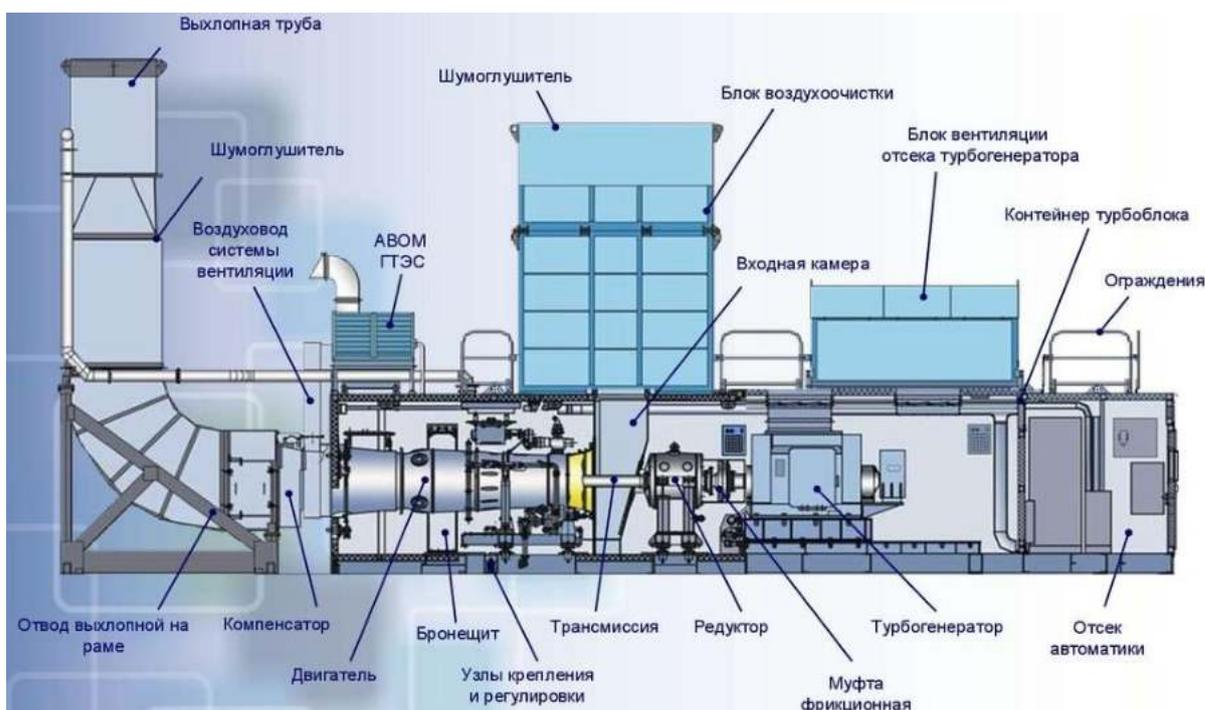
The paper proposes measures to modernize the power plant in order to increase the efficiency of work and reduce thermal emissions into the atmosphere.

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.

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.

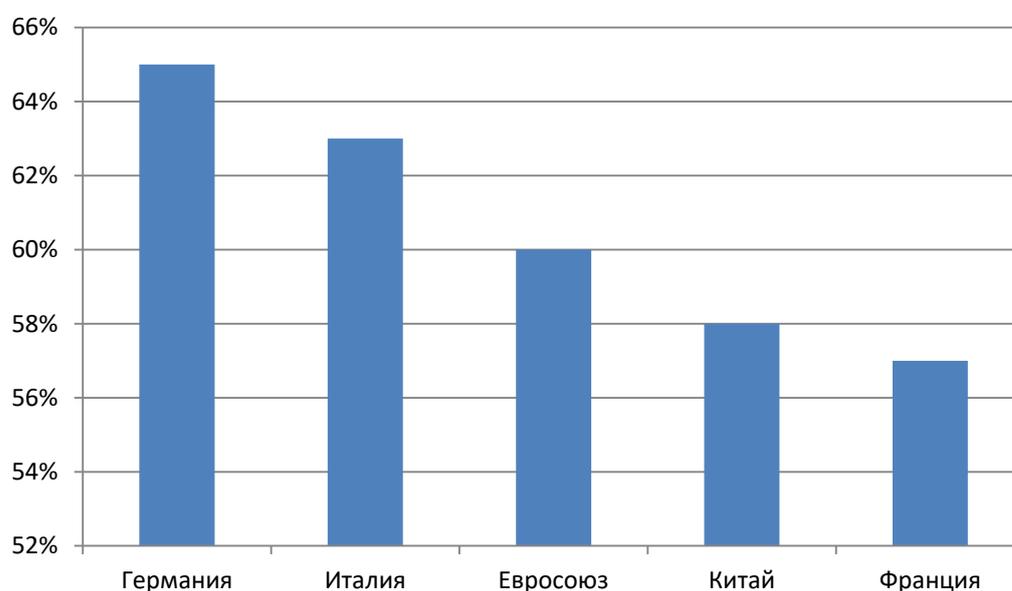
Keywords: economy, energy-saving technologies, efficiency, rational consumption, housing and communal services, thermal insulation, energy efficiency.

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 сформировавшиеся 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 лампочек 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.

ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ БЕСТОПЛИВНОЙ ГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СТАНЦИЯХ

Родионов Олег Валерьевич¹, Денисова Алина Ренатовна²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹o_rodionov1990@mail.ru, ²denisova_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 Valeryevich¹, Denisova Alina Renatovna²

^{1,2}Kazan State Power Engineering University, Kazan

¹o_rodionov1990@mail.ru, ²denisova_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.

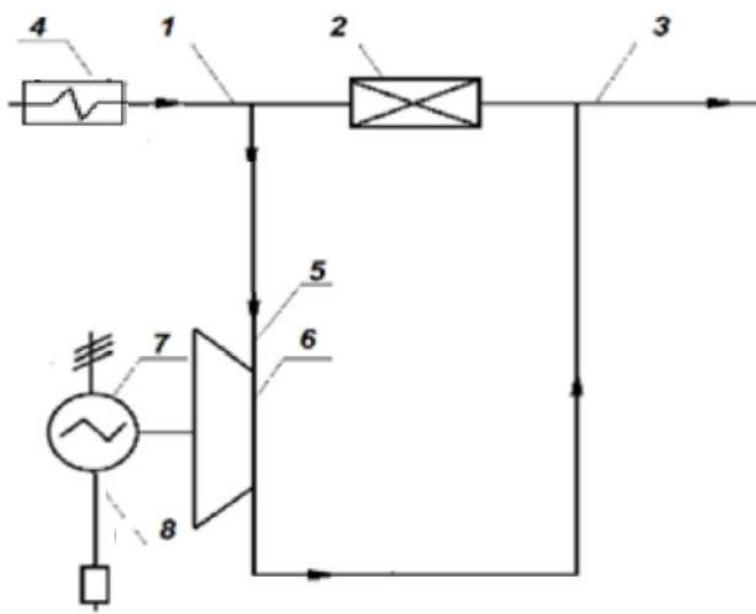
Keywords: generator-unit, energy efficiency, fuel-free generation of electricity.

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. Елизовеино).

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 попадает 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., Роголёв 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.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ БИООТХОДОВ И ПОЛУЧЕНИЯ БИОГАЗА В МАЛОГАБАРИТНЫХ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВКАХ

Рудаков Александр Иванович¹, Аптрашитов Данис Сагитуллович²
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
¹rud-38@mail.ru, ²jfptrashitov@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 Ivanovich¹, Aprtrashitov Danis Sagitulloevich²
^{1,2}Kazan State Power Engineering University, Kazan
¹rud-38@mail.ru, ²jfptrashitov@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 настоящей 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.

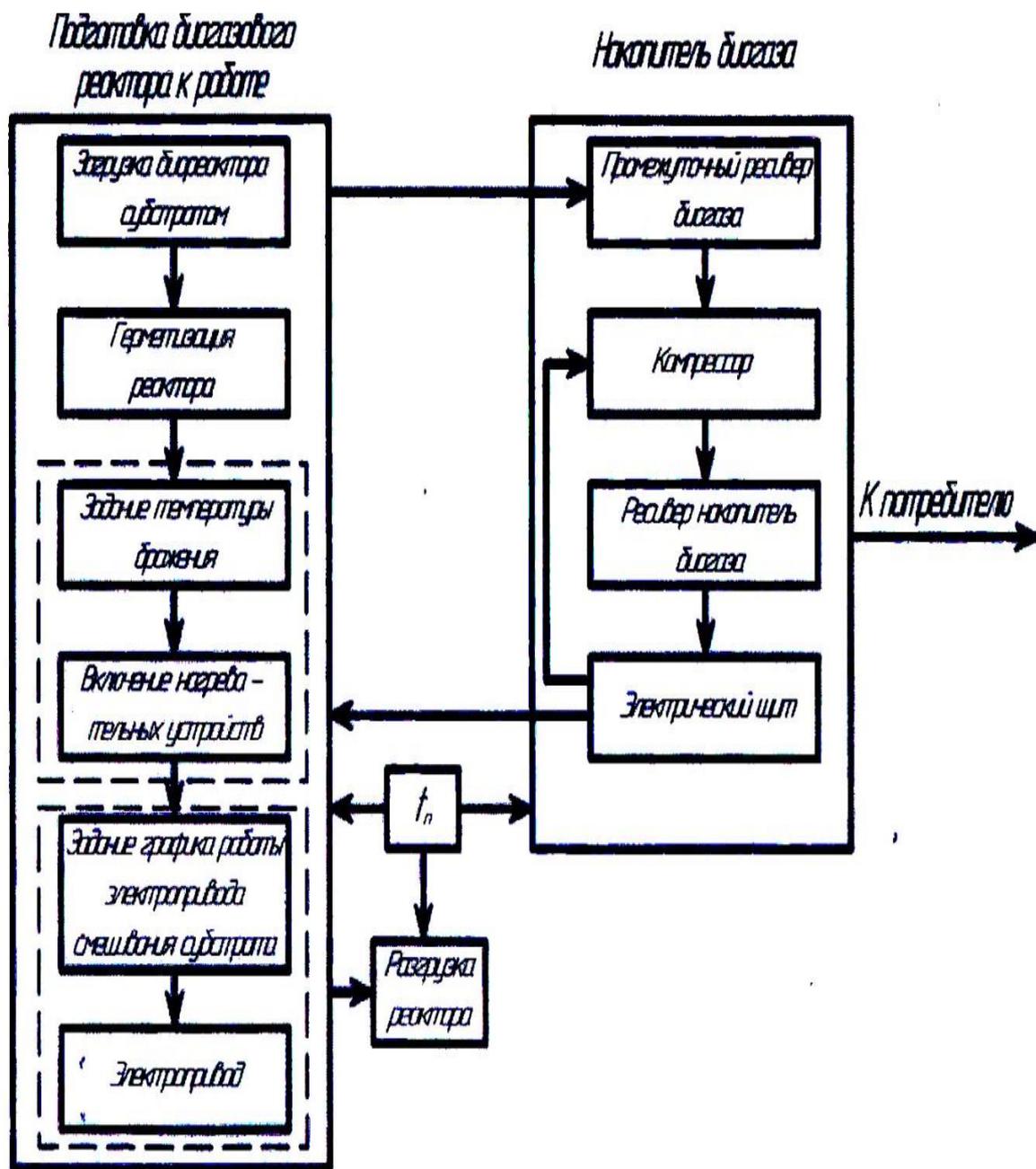
После загрузки реактора субстратом, как при ручном, так и при автоматическом способах, осуществляется герметизация биореактора [4].

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 технологиях: 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.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ГИБРИДНЫХ СОЛНЕЧНО-ВЕТРОВЫХ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК НА БАЗЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Рудаков Александр Иванович¹, Баданов Константин Андреевич²
^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
¹rud-38@mail.ru, ²badanov 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 Ivanovich¹, Badanov Konstantin Andreevich²
^{1,2}Kazan State Power Engineering University, Kazan
¹rud-38@mail.ru, ²badanov 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 электропитание 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 электроустановки. 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 электропитания 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.

ОСОБЕННОСТИ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ДАВЛЕНИЯ НА ПРОЦЕСС НАРАБОТКИ ХИМИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ЧАСТИЦ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ПОМЕЩЕНИЙ

Сандаков Виталий Дмитриевич¹, Садыкова Лейсан Рашитовна²
^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
¹vitalysandakov@gmail.com, ²sadykova.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 Dmitrievich¹, Sadykova Leisan Rashitovna²
^{1,2}Kazan State Power Engineering University, Kazan
¹vitalysandakov@gmail.com, ²sadykova.lr@yandex.ru

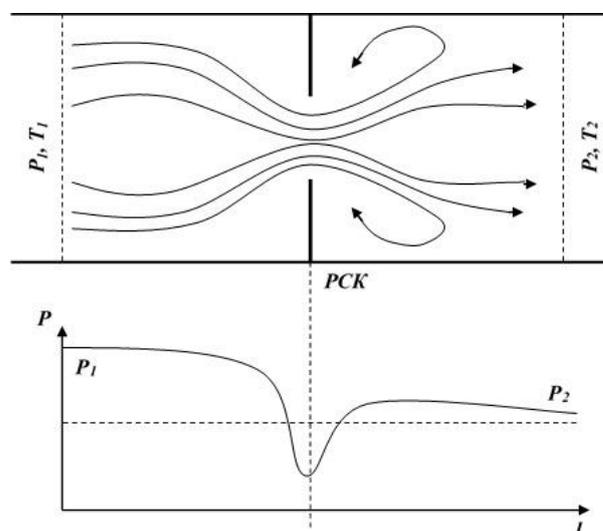
The article proposes a solution to the problem of lowering the temperature in the process of ozonizing air or gas.

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 реакционной 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.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗВИТИЯ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ ВОДНОЙ СРЕДЫ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИМИ СПОСОБАМИ НАРАБОТКИ АЭРОИОНОВ

Сандаков Виталий Дмитриевич¹, Фахрутдинова Таисия Ильдаровна²

¹ФГБОУ ВО «КГЭУ», ²ФГБОУ ВО «КГАВМ имени Н.Э. Баумана»,

г. Казань

¹vitalysandakov@gmail.com, ²Taya26200139@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 Dmitrievich¹, Fahrutdinova Taisiya Ildarovna²

¹Kazan State Power Engineering University,

²FGBOU VO "KGABM named after N.E. Bauman",

Kazan

¹vitalysandakov@gmail.com, ²Taya26200139@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 обработке, 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 механизмы 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 трансфизиологии. 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.

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 РЗА;
- 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].

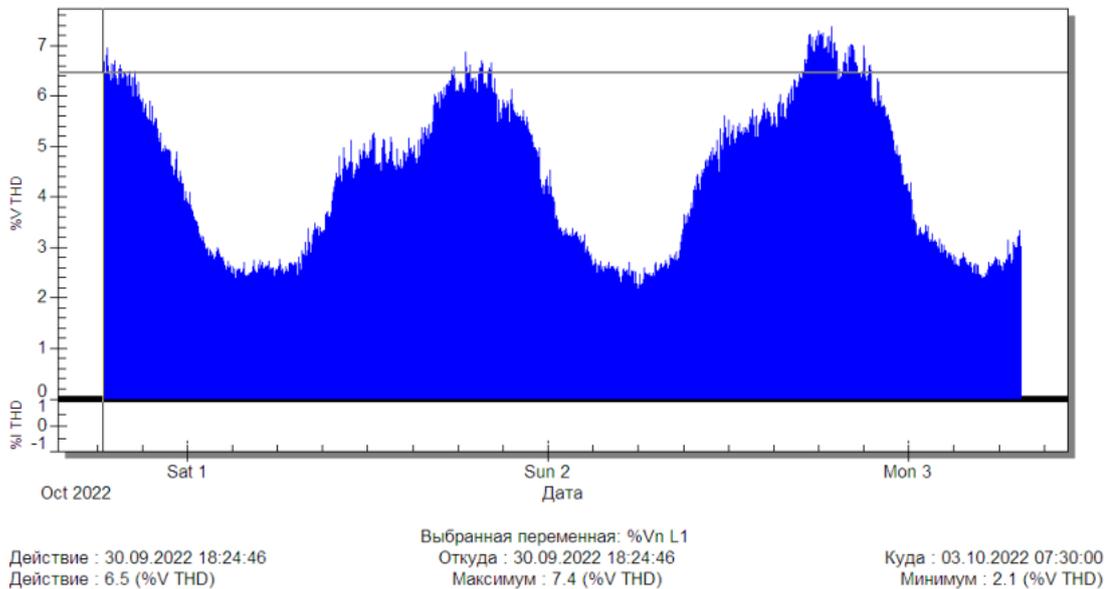


График трехсуточного измерения коэффициента нелинейных искажений напряжения сети многоквартирного дома

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.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ЖКХ

Серета 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.

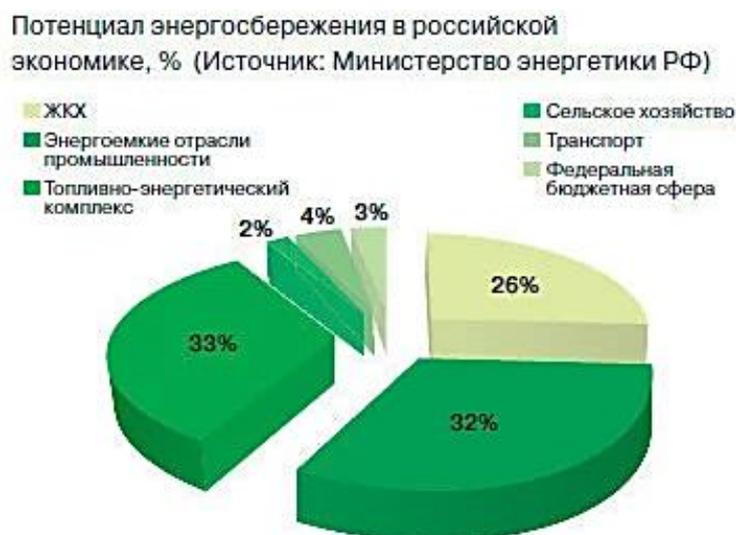


Рис. 1. Потенциал энергосбережения в Российской экономике [4]

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 частью любой комплексной системы энергосбережения сегодня являются интеллектуальные системы управления (ИСУ), для которых основными элементами являются интеллектуальные приборы учета, оснащенные коммутаторами 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.

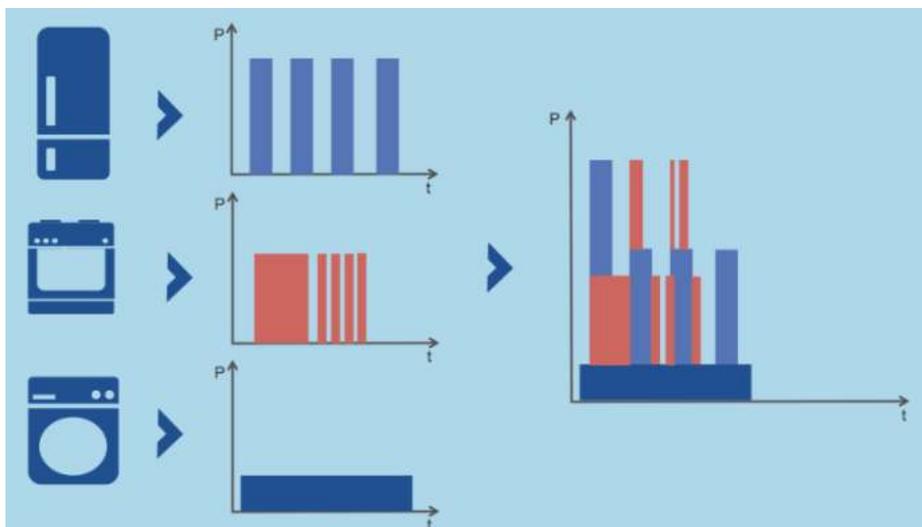


Рис. 2. Неинтрузивный мониторинг нагрузки (NILM) [6]

Технология NILM позволяет 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 в виду, 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-tehnologii-v-stroitelstve-i-zhkkh> (дата обращения: 14.10.2022).

2. Мухлыгин И.Ю. Инновационные сберегающие технологии в сфере жилищно-коммунального хозяйства // Вестник Чувашского университета, 2011. № 4. С. 454–456.

3. Энергосбережение в системе ЖКХ. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.energsovet.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).

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ В ЖИЛИЩНОМ ФОНДЕ

Сиразева Алина Ленаровна¹, Зарипова Римма Солтановна²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹alinasirazeva@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 она является 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 Lenarovna¹, Zaripova Rimma Soltanovna²

Kazan State Power Engineering University, Kazan

¹alinasirazeva@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 тепло-снабжения 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. Нижневартковского 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.

ВЛИЯНИЕ ИОНИЗАЦИИ ВОЗДУШНОЙ И ВОДНОЙ СРЕДЫ НА ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА РЫБНОЙ ПРОДУКЦИИ

Фахрутдинова Таисия Ильдаровна¹, Сандаков Виталий Дмитриевич²

¹ФГБОУ ВО «КГАВМ имени Н.Э. Баумана», ²ФГБОУ ВО «КГЭУ»,
г. Казань

¹Taya26200139@gmail.com, ²vitalysandakov@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 Dmitrievich²

¹FGBOU VO "KGABM named after N.E. Bauman",

²Kazan State Power Engineering University,

Kazan

¹Taya26200139@gmail.com, ²vitalysandakov@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 $\sim 20\,000$ частиц/см³ 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 механизмы 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.

РЕГУЛЯТОРЫ ДАВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Фетисов Леонид Валерьевич¹, Мурзин Эмиль Сергеевич²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹leonidfetisov@mail.ru, ²murzin280400@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 Valerievich¹, Murzin Emil Sergeevich²

^{1,2}Kazan State Power Engineering University, Kazan

¹leonidfetisov@mail.ru, ²murzin280400@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.

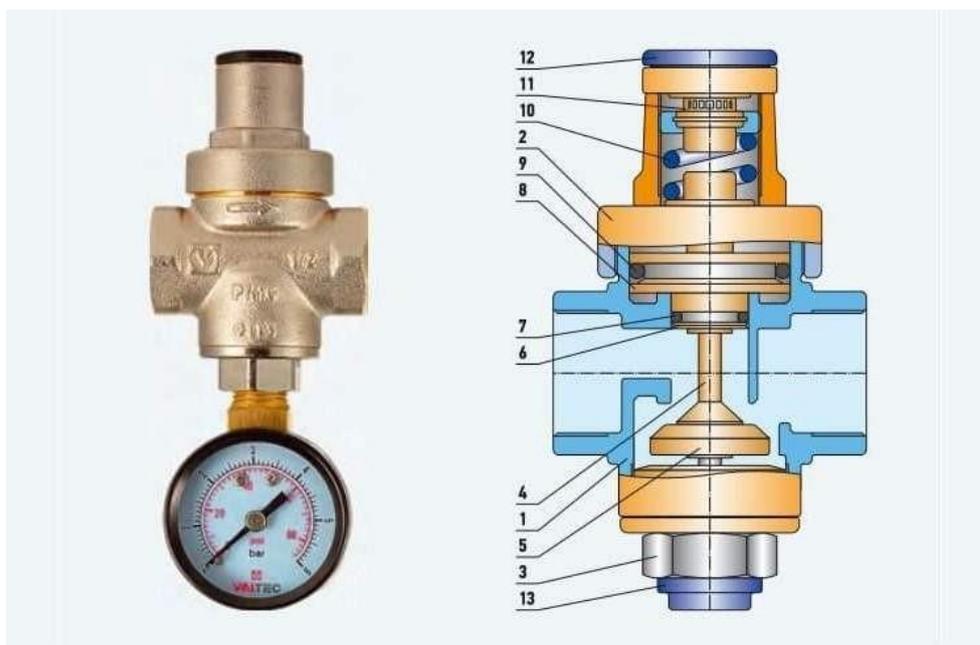
Keywords: automation, pump, energy resource, pressure switch, pressure regulator.

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 патрубке 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.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ АНТИОБЛЕДЕНИЯ КРОВЕЛЬ ЗДАНИЙ

Фетисов Леонид Валерьевич¹, Фахерлегаянов Рустем Расихович²,
Рычков Егор Витальевич³

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹leonidfetisov@mail.ru, ²f.rustam2001@yandex.ru, ³egor.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 Valerievich¹, Fakherlegayanov Rustem Rasihovich²,
Rychkov Egor Vitalievich³

^{1,2,3}Kazan State Power Engineering University, Kazan

¹leonidfetisov@mail.ru, ²f.rustam2001@yandex.ru, ³egor.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 составляет 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

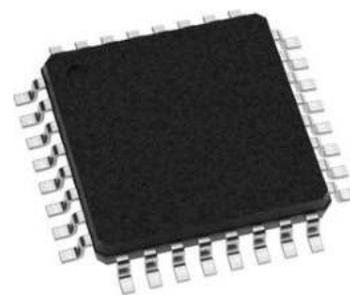


Рис. 3 Микроконтроллер марки Atmel AVR

Таким образом, правильно спроектированная и рассчитанная кабельная система антиобледенения позволяет полностью удалять со всей поверхности кровли талую воду и исключать образование наледи 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.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Фролова Маргарита Алексеевна¹, Ахмедова Ольга Олеговна²

^{1,2}Камышинский технологический институт (филиал),

ФГБОУ ВО «ВолгГТУ»,

г. Камышин

¹margo22010f@gmail.com, ²Ahmedova-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 взаимодействия 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 Alekseevna¹, Akhmedova Olga Olegovna²

^{1,2}Kamyshinsky Institute of Technology (branch),

FGBOU VO "VolgSTU",

Kamyshin

¹margo22010f@gmail.com, ²Ahmedova-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 24 июля 2013 г. № 328н) [2].

Новые технологии 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 внедрила 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 ряд 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=19laf78lcs284945418#Принцип_работы_беспроводной_зарядки_телефона (дата обращения: 07.11.2022).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ВЕТРА ДЛЯ АВАРИЙНОГО ПИТАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Чепайкин Максим Олегович¹, Шириев Равиль Рафисович²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹maxi.chep@bk.ru, ²shrr@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 Olegovich¹, Ravil Rafisovich Shiriev²

FGBOU VO "KGEU", Kazan

¹maxi.chep@bk.ru, ²shrr@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.

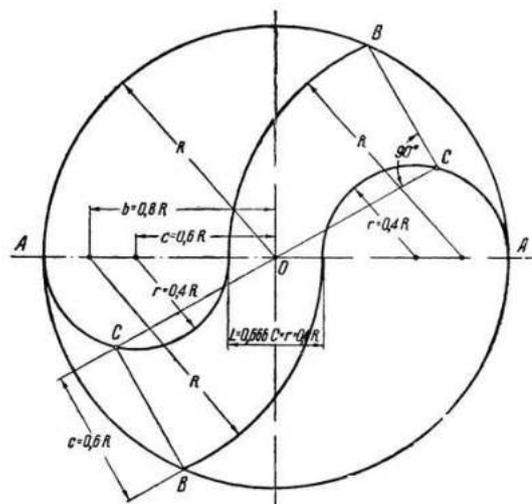


Схема лопастей генератора Угринского

Существует большое количество различных видов ветроустановок, однако нами был выбран 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.

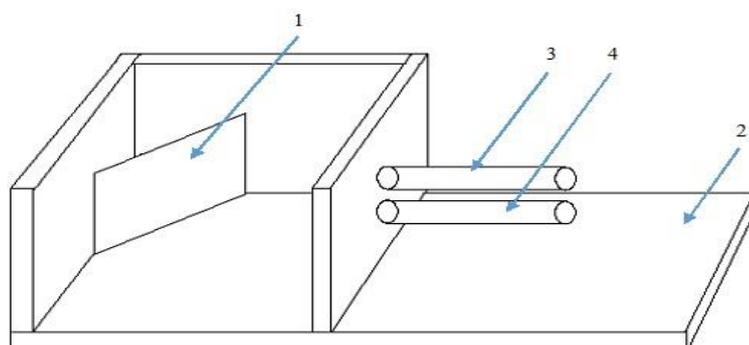
Проведены исследование трансформаторного масла на физико-химических свойства (кислотное число (КОН), тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$, влагосодержание, напряжения пробоя), исследование проводилась на 8 образцах разных типов трансформаторного масла Ткп, ГК+Ткп, ГК+Т1500, ВГ, результаты 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 определяют 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.

НЕРАЗРУШАЮЩИЙ МЕТОД УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ ИЗОЛЯТОРОВ

Атрашенко Ольга Сергеевна¹, Былинкин Ярослав Юрьевич²,

Тулчинский Дмитрий Сергеевич³

^{1,2,3}КТИ (филиал) ВолгГТУ, г. Камышин

¹olgapasmenko@yandex.ru, ²yarusb3@gmail.com, ³tulchinsky16@yandex.ru

Ультразвуковая дефектоскопия, являющаяся одним из 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 Sergeevna¹, Bylinkin Yaroslav Yurievich²,

Tulchinsky Dmitry Sergeevich³

^{1,2,3}KTI (branch of) VSTU, Kamyshin

¹olgapasmenko@yandex.ru, ²yarusb3@gmail.com, ³tulchinsky16@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 макро-размеров 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 разряда 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 обратной связью 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.

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 Liliya 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 CHP-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).

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОДДЕРЖАНИЯ РАБОЧЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ В МЕТАНТАНКАХ

Сафаров Ильдар Мирсаяфович¹, Васина Анжелика Юрьевна²,
Хусаинов Александр Артурович³
^{1,2,3}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
¹ildar.safarov@mail.ru, ²anzhyan@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 Mirsayafovich¹, Vasina Anzhelina Yurievna²,
Khusainov Aleksandr Arturovich³
^{1,2,3}Kazan State Power Engineering University, Kazan
¹ildar.safarov@mail.ru, ²anzhyan@yandex.ru

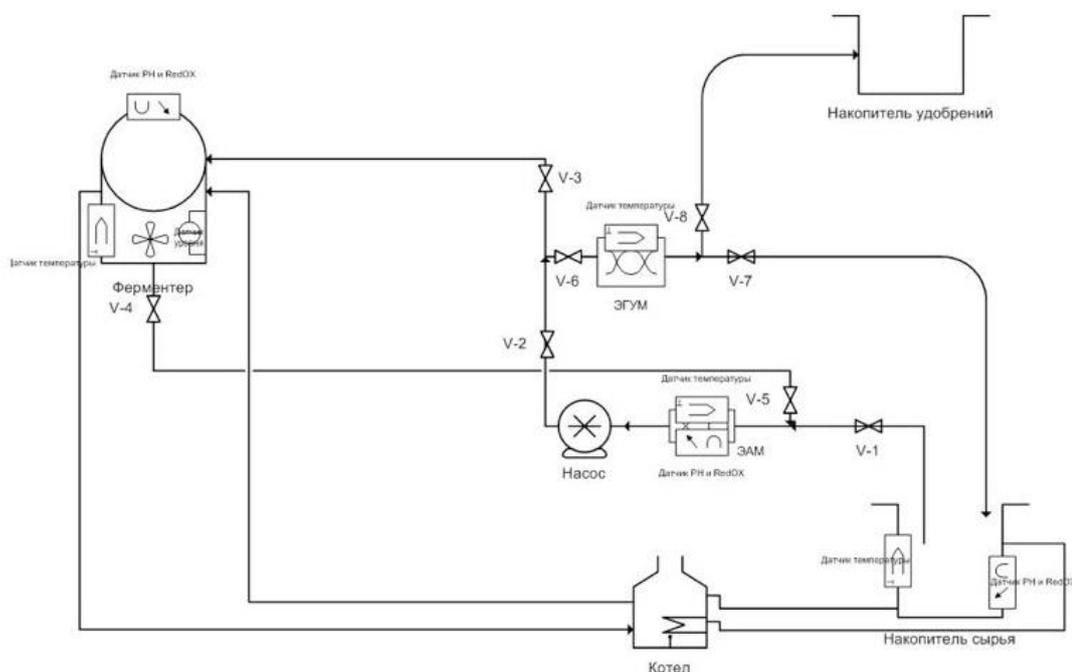
The paper proposes the introduction of frequency proportional-integral-differential regulator to maintain the temperature necessary for the fermentation of biomass in the installation, the schematic diagram of mini-TPP with an automated temperature maintenance system is given.

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 несоизмеримые с нуждами в потребляемом тепле, необходимо решение, способное повысить экономичность использования установки. Это можно сделать благодаря внедрению автоматизированной системы поддержания температуры брожения в метантенках, регулиующую 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. Василев 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).

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОНЦЕПЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ SMART-GRID НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОДСТАНЦИЯХ

Васина Анжелика Юрьевна¹, Сафин Марат Абдулбариевич²
^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
¹anzhyan@yandex.ru, ²safin.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 определены 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 Yurievna¹, Safin Marat Abdulbarievich²
^{1,2,3}Kazan State Power Engineering University, Kazan
¹anzhyan@yandex.ru, ²safin.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 Computing (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 электроэнергетическом 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.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СХЕМ РЭС ЛЭП ДЛЯ ПИТАНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Гайфуллин Инсаф Ильдарович¹, Муратаева Галия Амировна²
^{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 Ildarovich¹, Muratayeva Galiya Amirovna²
^{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 предвестигционных 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.

БЕСКОНТАКТНЫЕ МЕТОДЫ ВЫЯВЛЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ИЗОЛЯТОРОВ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ

Галимов Радиф Рашитович¹, Чугунова Валерия Юрьевна²
^{1,2} ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
¹g.radif12@mail.ru, ²ch_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 Rashitovich¹, Chugunova Valeria Yurievna²
^{1,2}Kazan State Power Engineering University, Kazan
¹g.radif12@mail.ru, ²ch_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

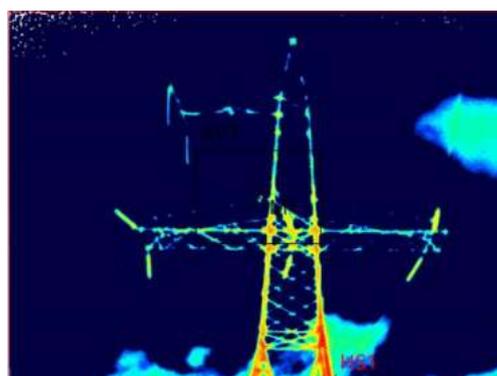


Рис. 2. Тепловизионное изображение коронного разряда

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).

ПРИМЕНЕНИЕ SCADA В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Галимова Адиля Маратовна¹, Куракина Ольга Евгеньевна²

^{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 Maratovna¹, Kurakina Olga Yevgenyevna²

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. Сулов [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.

ОТКАЗЫ В КОНТАКТНОЙ СЕТИ ГОРОДСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

Гарифуллин Рустем Ринатович¹, Павлов Антон Эдуардович²,
Черепенькин Иван Васильевич³, Павлов Павел Павлович⁴

^{1,2,3,4}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹kgeu-et@yandex.ru, ²pavlov-1557-104@yandex.ru, ³iwan.tcherepenkin@yandex.ru

⁴pavlov2510@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 Rinatovich¹, Pavlov Anton Eduardovich²,
Cherepen'kin Ivan Vyacheslavovich³, Pavlov Pavel Pavlovich⁴

Kazan State Power Engineering University, Kazan

¹kgeu-et@yandex.ru, ²pavlov-1557-104@yandex.ru, ³iwan.tcherepenkin@yandex.ru

⁴pavlov2510@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 конкретный 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 ползком 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 Innovative 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.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОКОПРОВОДЯЩИХ ШИН С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА COMSOL MULTIPHYSICS

Гервасьева Юлия Романовна¹, Максимов Виктор Владимирович²
^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
¹yuliya-gervaseva@yandex.ru, ²viktor.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 Romanovna¹, Maksimov Viktor Vladimirovich²
^{1,2}Kazan State Power Engineering University, Kazan
¹yuliya-gervaseva@yandex.ru, ²viktor.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.

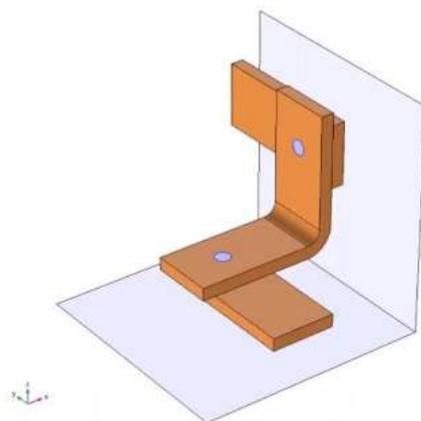
Keywords: modeling, buses, interface, frequency, modes.

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 выходе 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 AC-режиме:

- 1) AC: распределение магнитной индукции и плотности тока в шине;
- 2) AC: 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.

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВЫ И ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОМЫШЛЕННОСТЕЙ

Зиятдинов Азат Альбертович¹, Захарова Евгения Викторовна²,
Сафаров Ильдар Мирсаяфович³, Сафин Марат Абдулбариевич⁴
^{1,2,3,4}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹oomynikos@gmail.com, ²Evgzakharova45@yandex.ru, ³ildarsafarov@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 Albertovich¹, Zakharova Evgeniia Viktorovna²,
Safarov Ildar Mirsayafovich³, Safin Marat Abdulbarievich⁴
^{1,2,3,4}Kazan State Power Engineering University, Kazan

¹oomynikos@gmail.com, ²Evgzakharova45@yandex.ru, ³ildarsafarov@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 зависела

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 оборудования – 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.

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-ЗС, ИМФ-ЗР, 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.

ДИАГНОСТИКА ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА

Иксанова Эльвира Радиковна¹, Валиуллина Дилия Мансуровна²,
Козлов Владимир Константинович³
^{1,2,3}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
¹elviraiksanova@list.ru, ²valiullinadiliya@mail.ru, ³vk_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 Radikovna¹, Valiullina Diliya Mansurovna²,
Kozlov Vladimir Konstantinovich³
^{1,2,3}Kazan State Power Engineering University, Kazan
¹elviraiksanova@list.ru, ²valiullinadiliya@mail.ru, ³vk_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 $\text{tg}\delta$ 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).

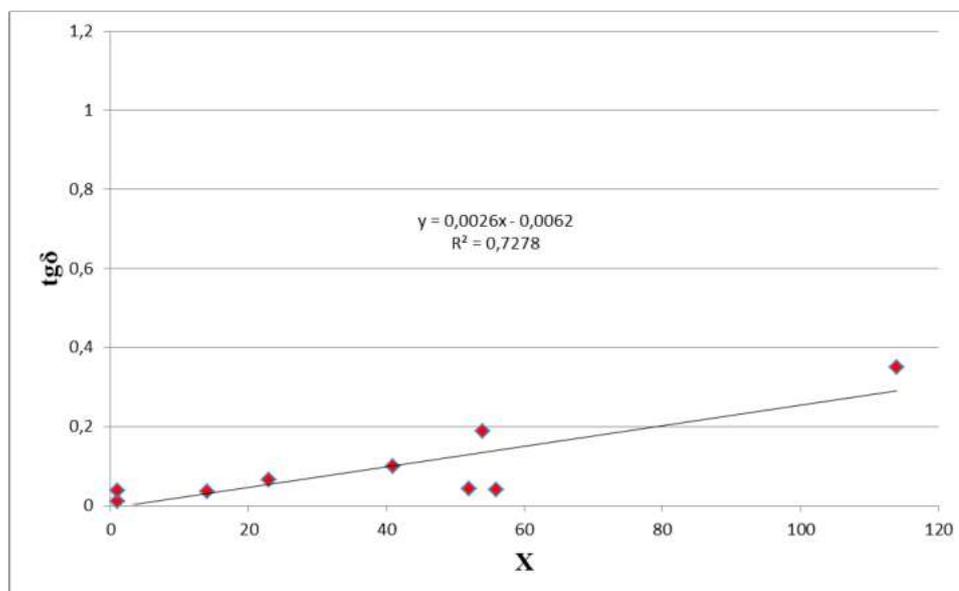


Рис. 1. Корреляционная зависимость тангенса угла диэлектрических потерь от координаты цветности при пропускании белого цвета для марки масла ГК ($R = 0,8531$)

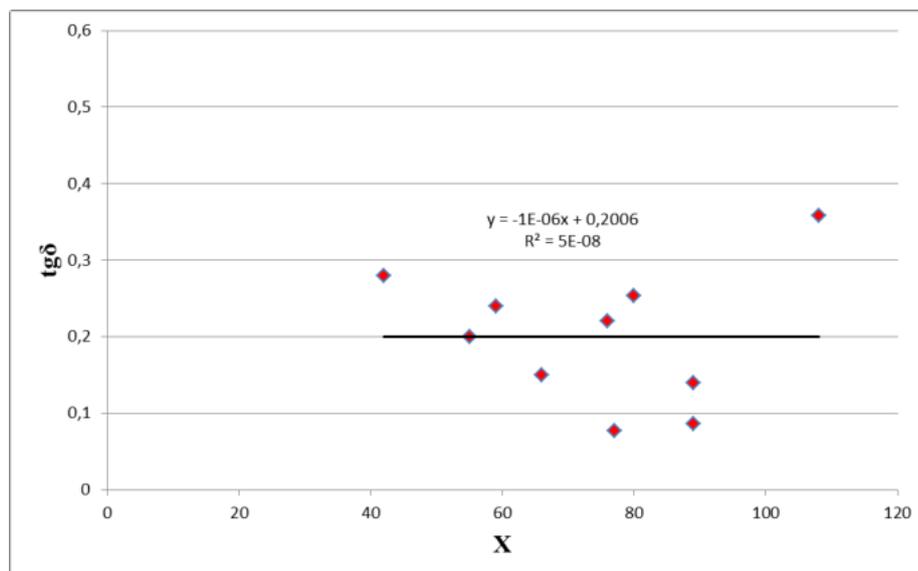


Рис. 2. Корреляционная зависимость тангенса угла диэлектрических потерь от координаты цветности при пропускании белого цвета для разных марок масел ($R = 0,0023$)

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.

СИММЕТРИРОВАНИЕ ФАЗНЫХ ТОКОВ И НАПРЯЖЕНИЙ В СЕТЯХ 0,4 КВ

Маклецов Александр Михайлович¹, Казка Максим Владимирович²,
Льу Куок Кьонг³

^{1,2,3} ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

³Образовательный технологический университет Нам Динь, Вьетнам

¹mac.am@mail.ru, ²nesnakomec97@mail.ru, ³lquong.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, сосимметрирование, фазные токи, фазные напряжения, ток нулевого провода.

SYMMETRIZATION OF PHASE CURRENTS AND VOLTAGES IN 0.4 KV NETWORKS

Makletsov Aleksandr Mikhaylovich¹, Kazka Maksim Vladimirovich²,
Lyu Kuok Kyon³

^{1,2,3}Kazan State Power University, Kazan

³Nam 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.

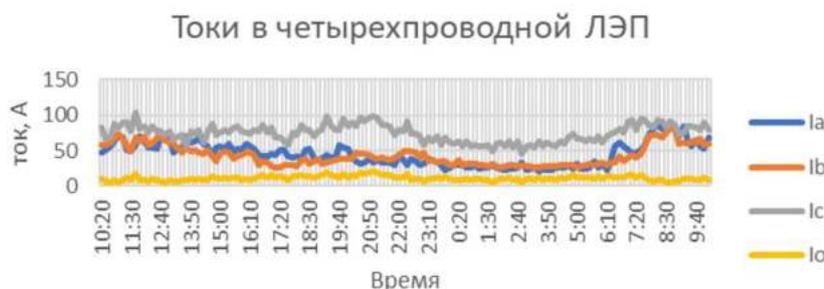


Рис. 1. Токи фаз ЛЭП 0,4 кВ ТП-404 Казанских электрических сетей

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.

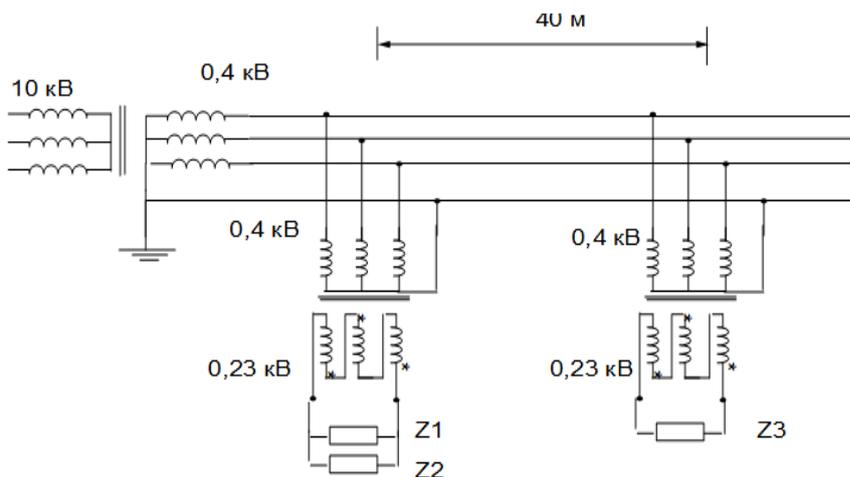


Рис. 2. Схема самосимметрирования сети 0,4 кВ

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 Чувашиского 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-galvanicheskoy-razvjazkoj-tst2r/> (дата обращения: 03.03.2022).

7. Симметрирующее устройство РВ50А-3Р-200STD [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ensto.com/ru> (дата обращения: 03.11.2022).

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОПУСКНЫМИ ПУНКТАМИ

Каримов Ренат Ильнарлович¹, Козлов Александр Вадимович²,
Сафаров Ильдар Мирсаяфович³, Сафин Марат Абдулбариевич⁴
^{1,2,3,4}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹renat_1.12@mail.ru, ²sanek.kozlov.1421@mail.ru, ³ildarsafarov@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 Ilnarovich¹, Kozlov Alexander Vadimovich²,
Safarov Ildar Mirsayafovich³, Safin Marat Abdulbarievich⁴
^{1,2,3,4}Kazan State Power University, Kazan

¹renat_1.12@mail.ru, ²sanek.kozlov.1421@mail.ru, ³ildarsafarov@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.

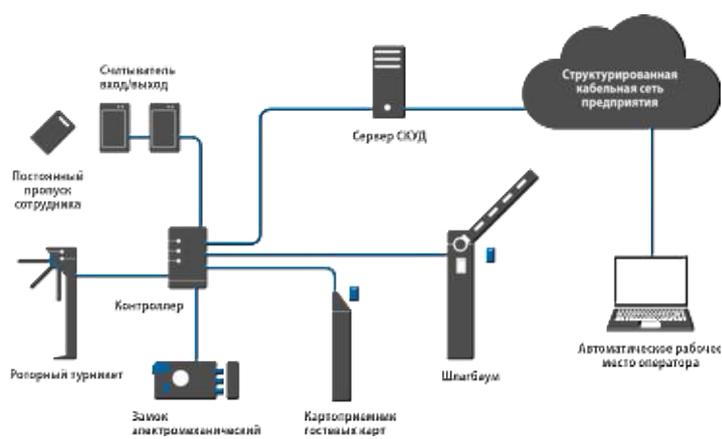
Keywords: SCMA, identifier, blocking device, system, reader, controller.

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 загряздающее 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 загряздающих 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.

СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА В ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Козлов Александр Вадимович¹, Каримов Ренат Ильнорович²,
Сафаров Ильдар Мирсаяфович³, Сафин Марат Абдулбариевич⁴
^{1,2,3,4}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹sanek.kozlov.1421@mail.ru, ²renat_1.12@mail.ru, ³ildarsafarov@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 Vadimovich¹, Karimov Renat Ilnarovich²,
Safarov Ildar Mirsayafovich³, Safin Marat Abdulbarievich⁴
^{1,2,3,4}Kazan State Power University, Kazan

¹sanek.kozlov.1421@mail.ru, ²renat_1.12@mail.ru, ³ildarsafarov@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.

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ, МОНИТОРИНГА, АНАЛИЗА И ИДЕНТИФИКАЦИИ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ МАСЕЛ

Латыпов Данис Эрикович¹, Валиуллина Диля Мансуровна²
^{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 Erikovich¹, Valiullina Dilia Mansurovna²
^{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].

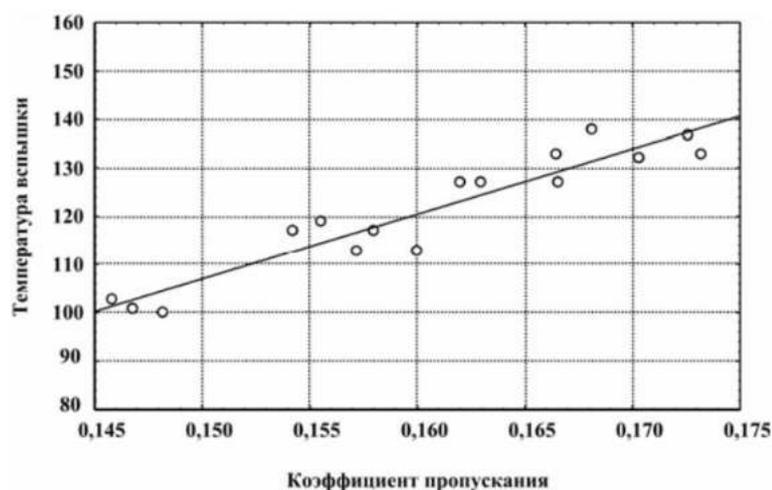
Актуальность работы состоит в рассмотрении способов определения марок ТМ. Лабораторные условия часто бывают нерентабельными, поэтому, одним из вариантов получения более точных характеристик ТМ является спектральный метод диагностики состояния ТМ.

В исследованиях отбирают различные образцы ТМ марок типа ГК и ТКп, у которых определены параметры $U_{пр}$, $tg\delta$ и интенсивность люминесценции (см. таблицу).

Результативные значения параметров ТМ

Номер образца	Марка масла	Упр, кВ	$\text{tg}\delta$, 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.

ВИБРОДИАГНОСТИКА ОПОР ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Махмутов Артем Дмитриевич¹, Вагапов Георгий Валериянович²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹phenomen.cfg@mail.ru, ²vagapov@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 Dmitrievich¹, Vagapov Georgy Valeryanovich²

^{1,2}Kazan State Power University, Kazan

¹phenomen.cfg@mail.ru, ²vagapov@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 неразрушающего 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 надёжности и долговечность, поэтому необходимо производить постоянный контроль данного элемента, чтобы исключить возникновение аварийных ситуаций. В данной работе рассмотрены 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.

КОНСТРУКЦИЯ ДАТЧИКА ВИБРОПЕРЕМЕЩЕНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Махмутов Артем Дмитриевич¹, Вагапов Георгий Валериянович²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹phenomen.cfg@mail.ru, ²vagapov@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

¹phenomen.cfg@mail.ru, ²vagapov@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.

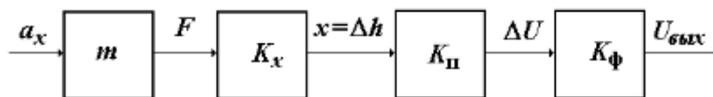


Рис. 1. Блок схема измерительного электродинамического осевого вибродатчика: a_x – измеряемое ускорение; m – величина инерционной массы чувствительного элемента, являющейся коэффициентом передачи первого звена; F – сила инерции; K_x – коэффициент передачи второго звена; x – перемещение инерционной массы; K_π – коэффициент передачи преобразователя перемещений; ΔU – выходное напряжение преобразователя перемещения; K_ϕ – коэффициент передачи активного фильтра; $U_{\text{вых}}$ – 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 из 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].

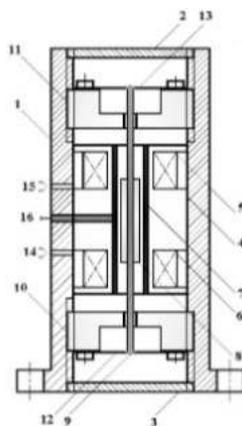


Рис. 2. Конструкция датчика

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.

ВИБРОДИАГНОСТИКА ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Махмутов Артем Дмитриевич¹, Вагапов Георгий Валериянович²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹phenomen.cfg@mail.ru, ²vagapov@list.ru

Аннотация: В статье рассматриваются 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

¹phenomen.cfg@mail.ru, ²vagapov@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 вблизи их местоположения, в следствие чего возможно разрушение опор ВЛЭП.

На современном этапе развития 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 ранее 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.

ВАЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ГРОЗОПЕЛЕНГАЦИИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МОЛНИЕЗАЩИТЫ ВЛ 6–750 КВ

Минанхузин Ильфир Илшатович¹, Сабитов Айдар Хайдарович²,
Ахметов Айдар Русланович³

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹minankhuzin@yandex.ru, ²sabitov_ah@mail.ru, ³Aydarakhmetov2001@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 Ilshatovich¹, Sabitov Aidar Khaidarovich²,
Akhmetov Aidar Ruslanovich³

^{1,2}Kazan State Power University, Kazan

¹minankhuzin@yandex.ru, ²sabitov_ah@mail.ru, ³Aydarakhmetov2001@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, Voltek, 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.

АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА И СИНТЕТИЧЕСКОЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЖИДКОСТИ

Морозов Илья Борисович¹, Копейкина Татьяна Васильевна²
^{1,2}КТИ (филиал) ВолгГТУ, г. Камышин
¹morozv45@mail.ru, ²kopeikina.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 Borisovich¹, Kopeikina Tatiana Vasilyevna²
^{1,2}KTI (branch of) VSTU, Kamyshin
¹morozv45@mail.ru, ²kopeikina.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 °С	260 °С	150 °С
Температура воспламенения	Мин. 300 °С	316 °С	170 °С

На рис. 1 показаны сравнительные результаты полученных значений для минерального масла и MIDEL 7131.

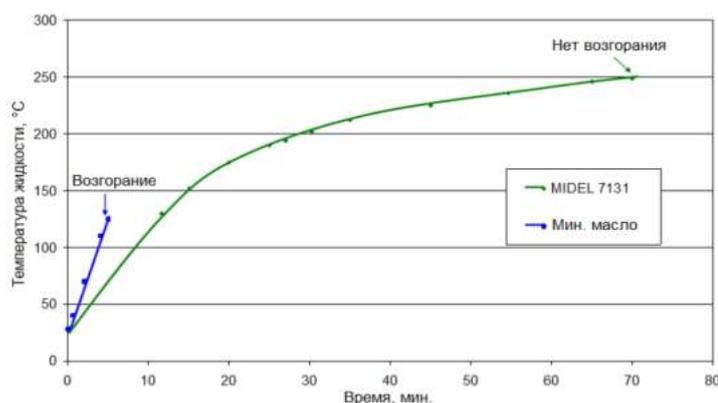


Рис. 1. Сравнение способности к возгоранию MIDEL 7131 и минерального масла

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].

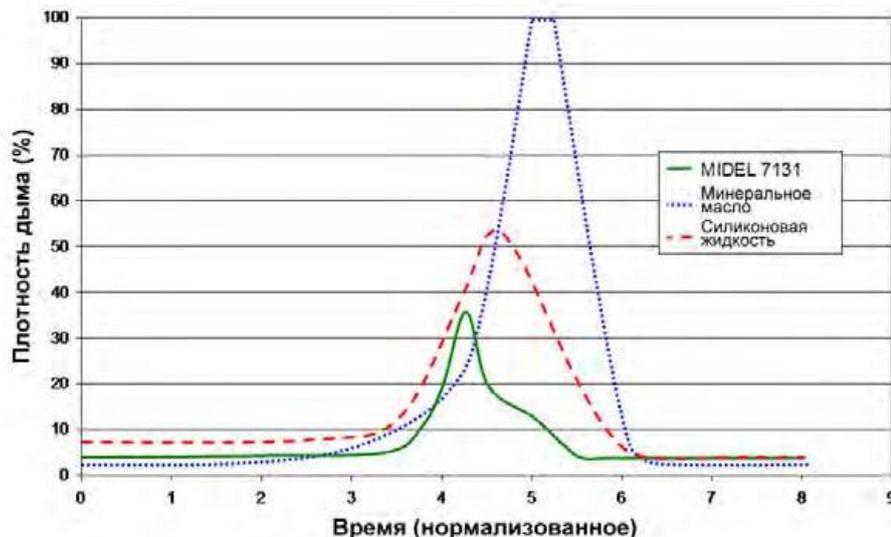


Рис. 2. Сравнение плотности дыма MIDEЛ 7131, силиконовой жидкости и минерального масла

Все данные относительно проверенных эксплуатационных качеств, пожаробезопасности, безопасности для человека и окружающей среды указывают на то, что диэлектрическая жидкость MIDEЛ 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. MIDEЛ 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).

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СИНХРОНИЗИРОВАННЫХ ВЕКТОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ФУНКЦИЙ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ

Мустафин Рамиль Гамилович¹, Касимов Василь Амирович²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹ramil.mustafin@gmail.com, ²vasilkasimov@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 Gamilovich¹, Kasimov Vasil Amirovich²

^{1,2}Kazan State Power University, Kazan

¹ramil.mustafin@gmail.com, ²vasilkasimov@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 T_1 [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 $I_{д.з}$ или напряжения $U_{д.з}$ равен сумме квадратов действующих значений гармоник ($I_{ид.з}$ или $U_{ид.з}$ соответственно), содержащихся в данном токе или напряжении:

$$I_{д.з}^2 = \sum_i I_{(i)д.з}^2,$$

$$U_{д.з}^2 = \sum_i U_{(i)д.з}^2.$$

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.: Стандартиформ, 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, автоматике 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).

**РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕМ ПОТРЕБИТЕЛЯ
КОМПЛЕКСА «TOSHIBA H2ONE»
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯЗЫКОВ СТАНДАРТА МЭК 61131-3**

Мухаметшин Разиф Раилевич¹, Сидоров Александр Евгеньевич²

^{1,2} ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹darthrazif@gmail.com, ²asidorini@rambler.ru

В данной статье предложена реализация в среде CodeSys модели энергоустановки на базе комплекса «Toshiba H2One», который можно использовать для электро-снабжения 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 Railevich¹, Sidorov Alexander Evgenievich²

^{1,2}Kazan State Power University, Kazan

¹darthrazif@gmail.com, ²asidorini@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.

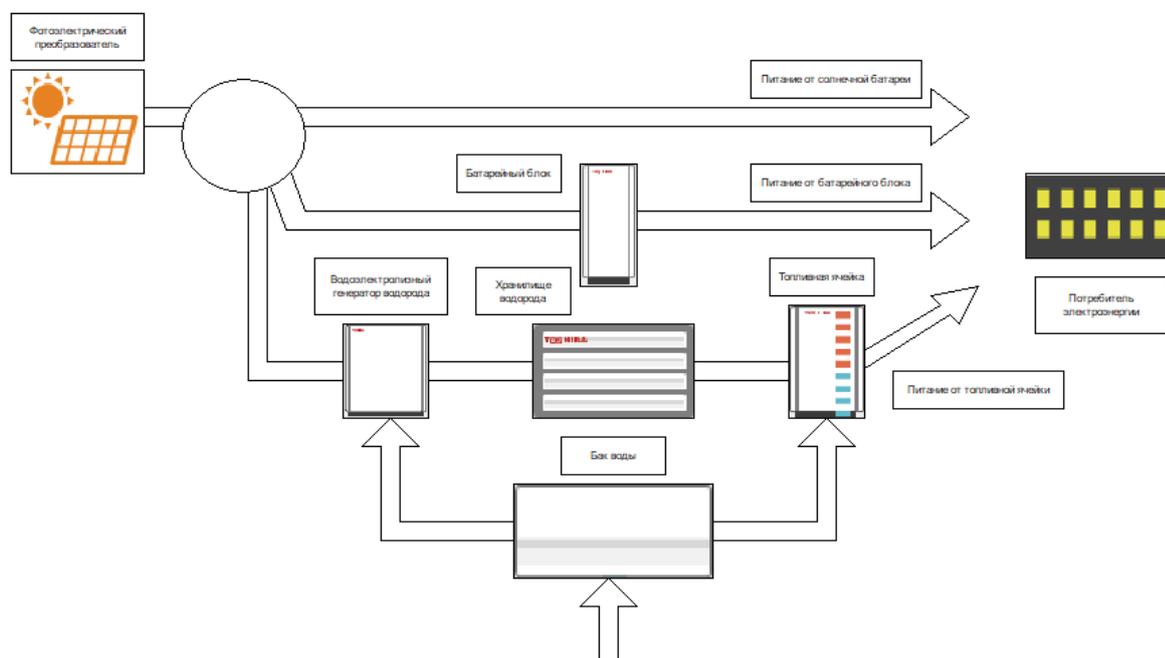
Keywords: model, power plant, renewable energy sources, hydrogen, solar panels, electrolysis, energy efficiency.

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 СFC, 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-aronii> (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).

ВЫБОР ЗАЩИТНОЙ ПРОТИВООБЛЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЖИДКОСТИ

Наумов Анатолий Алексеевич
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
anatnaumov@mail.ru

Обсуждается проблема выбора противобледительных жидкостей для очистки и защиты поверхности высоковольтных воздушных линий электропередачи, другого электрооборудования от инея, снега, льда, образующихся в зимний период и в межсезонье.

Ключевые слова: противобледительная 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 противобледенителей. 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, заморающий дождь и т. п.), так и от типа жидкости и способа ее нанесения.

К настоящему времени накоплен значительный опыт использования противообледенительных жидкостей в авиации [2], где применяются антифризы, имеющие температуру заморзания ниже температуры заморзания воды. При нанесении эти жидкости расплавляют снег, ледяной налет и, оставаясь на поверхности в виде тонкого слоя, препятствуют на некоторое время образованию нового льда. Противообледенительные 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 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 противообледлительных 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 $-37\text{ }^{\circ}\text{C}$. При неоднократном нагревании до $95\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

«Арктика-200», по сравнению с «Арктика» имеет более высокую вязкость. Внешний вид – прозрачная или мутноватная 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 противообледенительных жидкости «Арктика ОС-2» и «Арктика ДГ». Но для их успешного применения необходимо создавать специальные устройства для нанесения противообледенительных 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.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ШАГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ И СЕРВОМОТОРА В СТАНКАХ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Нурмиев Ильшат Ильдарович¹, Хуснуллин Айнур Айратович²,
Сафаров Ильдар Мирсаяфович³, Сафин Марат Абдулбариевич⁴
^{1,2,3,4}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹nurmievelshat@gmail.com, ²ainurkhusnullin2002@mail.ru, ³ildarsafarov@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 Ildarovich¹, Khusnullin Ainur Airatovich²,
Safarov Ildar Mirsayafovich³, Safin Marat Abdulbariyevich⁴
^{1,2,3,4}Kazan State Power University, Kazan

¹nurmievelshat@gmail.com, ²ainurkhusnullin2002@mail.ru, ³ildarsafarov@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.

ПРОЦЕСС ЗАРЯДА АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

Павлов Даниил Владимирович¹, Сандаков Виталий Дмитриевич²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹lgfdkjd@mail.ru, ²vitalysandakov@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 Vladimirovich¹, Sandakov Vitaly Dmitrievich²

^{1,2}Kazan State Power University, Kazan

¹lgfdkjd@mail.ru, ²vitalysandakov@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 выделение 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 выходит 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 удастся 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.

АВТОМАТИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ

Прокопьев Максим Игоревич¹, Сагдеев Расим Рифкатович²,
Муратаева Галия Амировна³

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹maksimka-prokopev@bk.ru, ²rasim.sagdeev@gmail.com, ³esis00@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 Igorevich¹, Sagdeev Rasim Rifkatovich²,
Murataeva Galiya Amirovna³

^{1,2,3}Kazan State Power University, Kazan

¹maksimka-prokopev@bk.ru, ²rasim.sagdeev@gmail.com, ³esis00@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. Головкин [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. Кошечев 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.

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 высокозатратное 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).

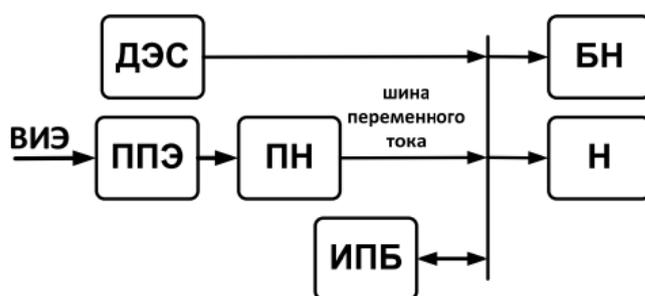
Мы рассмотрим Ненецкий автономный округ, где более 90 % его территории находится за полярным кругом. Здесь преобладает добывающая промышленность. Данный округ является самым малонаселенным субъектом РФ. Энергоснабжение децентрализовано и обеспечивается, в основном, за счет дизельных электростанций. Топливо 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 отдельная 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 электропитания 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).

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 способствуют 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 AQUEOUS SOLUTIONS IN SOME COMPOUNDS

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.

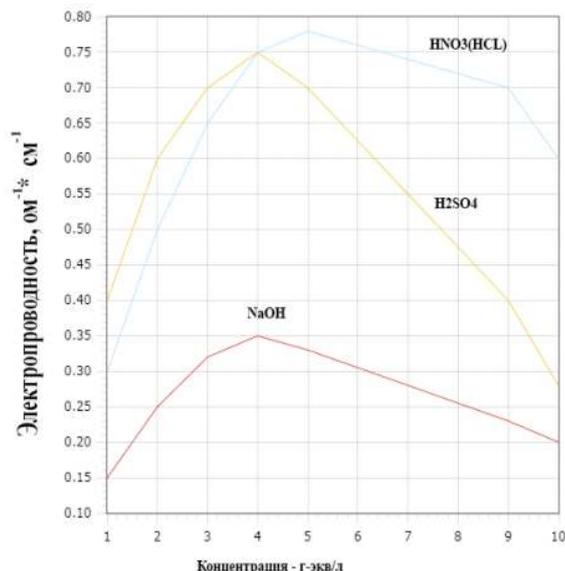


Рис. 2. Зависимость электропроводности от концентрации веществ

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 растворов [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modernizatsiya-metoda-izmereniya-udelnoy-elektroprovodnosti-zhidkostey-vody-i-himicheskikh-rastvorov/viewer> (дата обращения: 06.10.2022).

2. Изьюрова А.А., Овчинкин И.П. Обеззараживание воды электролизом [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. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22, № 6. С. 79–91.

ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОСЕТЕЙ В СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Сагитов Артур Русланович¹, Гарифуллин Марсель Шарифьянович²
^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
^{1,2}zgz2208@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 Ruslanovich¹, Garifullin Marsel Sharifyanovich²
^{1,2}Kazan State Power University, Kazan
^{1,2}zgz2208@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 принести 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.

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА И ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ГАЗОТУРБИННЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SCADA-ТЕХНОЛОГИЙ И ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Соловьев Роман Алексеевич¹, Гарифуллин Марсель Шарифьянович²
^{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.

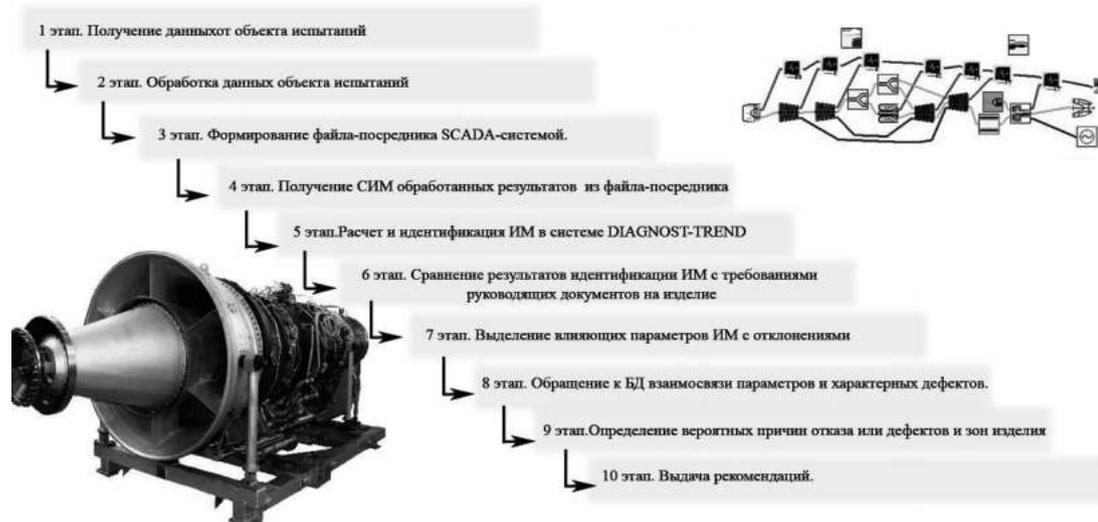
В последнее десятилетие, особенно в последние 4–5 лет, в связи с реализацией государственной политики в области информационных технологий в различных отраслях народного хозяйства в рамках

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 имитационного 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.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К РЕКОНСТРУКЦИИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Третьякова Екатерина Владиславовна¹, Маклецов Александр Михайлович²
^{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 Vladislavovna¹, Makletsov Alexander Mikhailovich²
^{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.

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 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 используемая 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 (PCU) – 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. PCU 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 сохранения 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).

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):

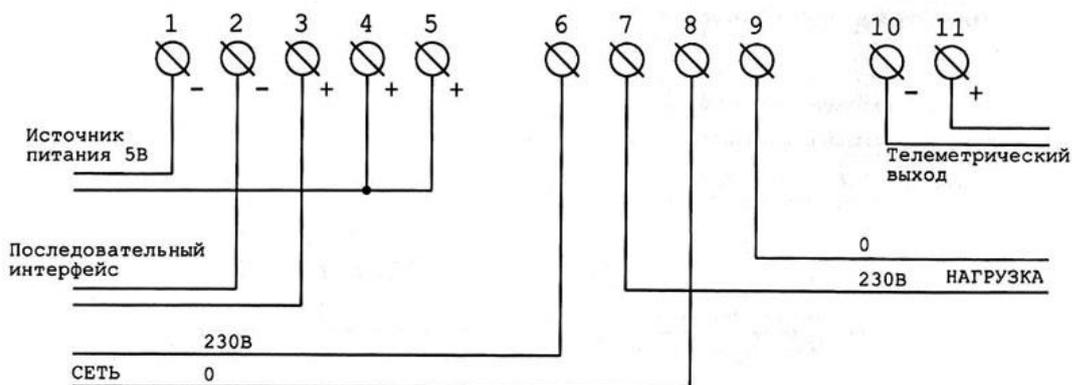


Схема расположения клемм и портов устройства

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: ИЕК SME-3С8-10-Т, СТК1-10, Меркурий 234 ARTM-00 РВ.Г, Меркурий 203.2Т 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-pereodayushhiy-rokazaniya.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).

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, электро-сетевой 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 объеме
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, опτικο-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-aiiskueh-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).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Фролова Маргарита Алексеевна¹, Ахмедова Ольга Олеговна²

^{1,2}Камышинский технологический институт (филиал)

ФГБОУ ВО «ВолгГТУ», г. Камышин

¹margo22010f@gmail.com, ²Ahmedova-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 взаимодействия 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 Alekseevna¹, Akhmedova Olga Olegovna²

^{1,2}Kamyshinsky Institute of Technology (branch)

FGBOU VO "VolgSTU", Kamyshin

¹margo22010f@gmail.com, ²Ahmedova-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 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 внедриli 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 ряд 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 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 т.д., 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=19fvt8ys5x856656968> (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=19laf78lcs284945418#Принцип_работы_беспроводной_зарядки_телефона (дата обращения: 07.11.2022).

ОБНАРУЖЕНИЕ МЕСТ ПОВРЕЖДЕНИЙ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НАПРЯЖЕНИЕМ 110 КВ И ВЫШЕ

Хазиев Ильяс Наилевич¹, Сабитов Айдар Хайдарович²

^{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 Nailevich¹, Sabitov Aydar Khaidarovich²

^{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 распространяются 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:

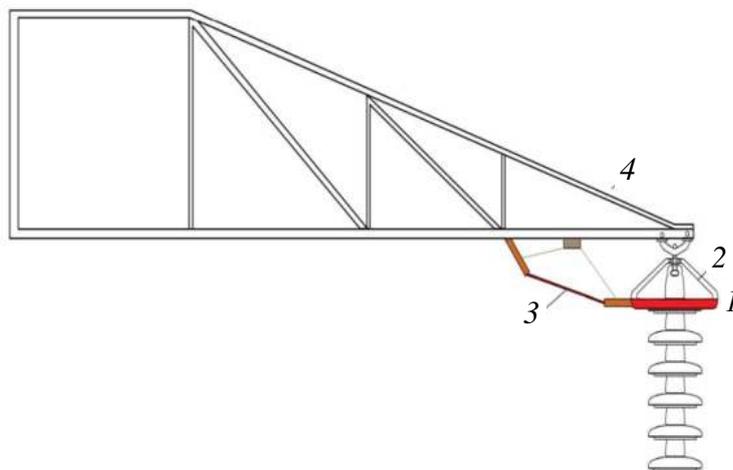
- состояние проводов ВЛ (надежность длины, надежность сечения провода и ремонтные вставки; наличие повреждений с уменьшением сечения, коррозии);
- состояние проводных соединений (падение напряжения, надежный контакт и т. п.);
- режимы работы электрических сетей и ряд других факторов.

С учетом вышперечисленных 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 перекрытия 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.

ЗАЩИТА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ПОДСТАНЦИЙ ОТ ИМПУЛЬСНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

Хазиев Ильяс Наилевич¹, Сабитов Айдар Хайдарович²
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
¹ilyas.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 Nailevich¹, Sabitov Aydar Khaidarovich²
^{1,2}Kazan State Power University, Kazan
¹ilyas.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).

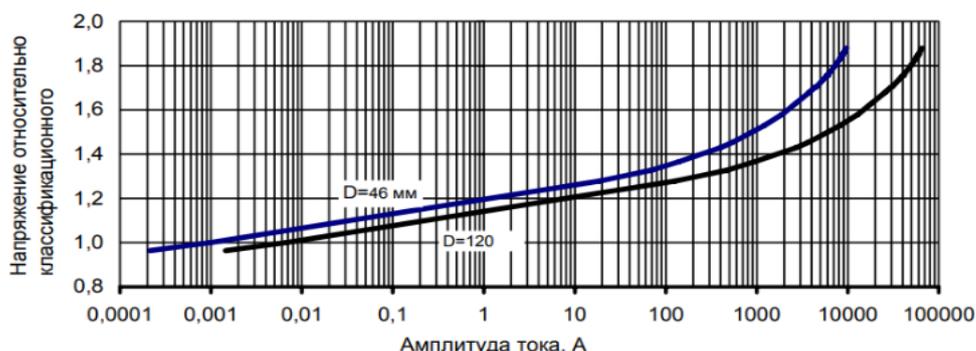


Рис. 1. Высоконелинейная вольтамперная характеристика

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 микрон (рис. 2).

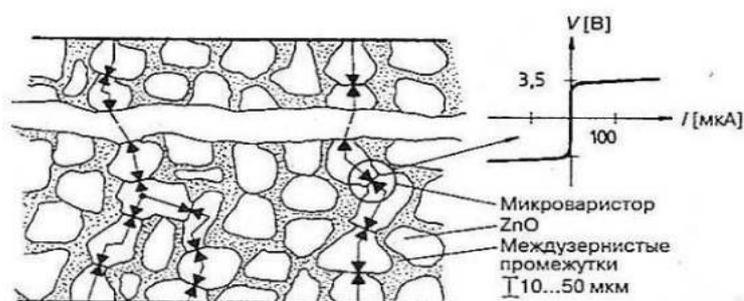


Рис. 2. Механизм проводимости варисторного элемента

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/см³. 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.

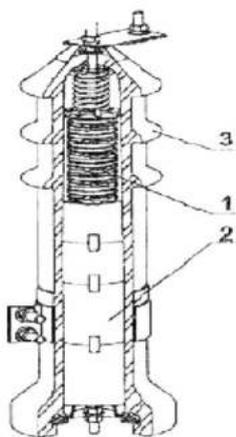


Рис. 3. Основные элементы разрядников: 1 – искровой промежуток; 2 – нелинейный резистор; 3 – герметично закрытая фарфоровая покрывка

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.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ. КОНТРОЛЬ, АВТОМАТИЗАЦИЯ И ДИАГНОСТИКА

Хамидуллин Ильяс Ильдусович¹, Наумов Олег.Витальевич²
^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
¹89274533569@maul.ru, ²311670@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 Ilduovich¹, Naumov Oleg Vitalyevich²
^{1,2}Kazan State Power University, Kazan
¹89274533569@maul.ru, ²311670@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 внутривозовских 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).

МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

Черепенькин Иван Вячеславович¹, Павлов Антон Эдуардович²,
Гарифуллин Рустем Ринатович³, Павлов Павел Павлович⁴
^{1,2,3,4}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
¹iwan.tcherepenkin@yandex.ru, ²pavlov-1557-104@yandex.ru,
³kgeu-et@yandex.ru ⁴pavlov2510@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 Vyacheslavovich¹, Pavlov Anton Eduardovich²,
Garifullin Rustem Rinatovich³, Pavlov Pavel Pavlovich⁴
^{1,2,3,4}Kazan State Power University, Kazan
¹iwan.tcherepenkin@yandex.ru, ²pavlov-1557-104@yandex.ru,
³kgeu-et@yandex.ru ⁴pavlov2510@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 соответствующих 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.

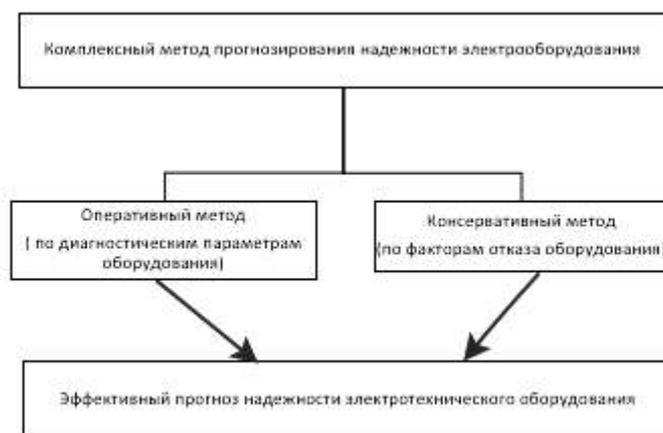
Метод вероятностного прогнозирования позволяет определить вероятность сохранения устойчивой работоспособности ЭТО в функции времени [2]. Исходя из этого вероятность выхода и невыхода контролируемого диагностического параметра за установленные рамки является результатом прогноза.

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.

ЦИФРОВАЯ ПОДСТАНЦИЯ

Чиркова Дарья Михайловна¹, Валиуллина Диля Мансуровна²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹d.m.tcherkashneva@mail.ru, ²valiullinadiliya@mail.ru

В статье рассмотрены проблемы создания комплекса релейной защиты и автоматизации в цифровом формате. Перечислены основные моменты для его реализации.

Ключевые слова: Цифровая подстанция, стандарт МЭК 61850, комплекс релейной защиты и автоматизации объекта.

DIGITAL SUBSTATION

Chirkova Darya Mikhailovna¹, Valiullina Dilia Mansurovna²

^{1,2}Kazan State Power University, Kazan

¹d.m.tcherkashneva@mail.ru, ²valiullinadiliya@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 автоматизации 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 автоматизации 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 позволяют 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 беспрепятственно 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).

ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ В СФЕРЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Шарафутдинов Айрат Нафисович¹, Валиуллина Дилия Мансуровна²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹kanonir166@mail.ru, ²valiullinadiliya@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 Nadisovich¹, Valiullina Diliya Mansurovna²

^{1,2}Kazan State Power University, Kazan

¹kanonir166@mail.ru, ²valiullinadiliya@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 данный 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 вакуумных выключателей, рассчитанные на ток до 1600 А, напряжением до 35 кВ и 10000 циклов отключений-включения.

Уральский федеральный университет разработала собственную систему управления 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 сегодняшний 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, энергоэкономия 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.

СИСТЕМА БЕСПЕРЕБОЙНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СТАНЦИИ ПРИ ПОМОЩИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ДЕТАНДЕРНОЙ УСТАНОВКИ

Шарипов Булат Фаридович¹, Максимов Виктор Владимирович²
^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
¹charpe@yandex.ru, ²viktor.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 Faridovich¹, Maksimov Viktor Vladimirovich²
^{1,2}Kazan State Power University, Kazan
¹charpe@yandex.ru, ²viktor.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.

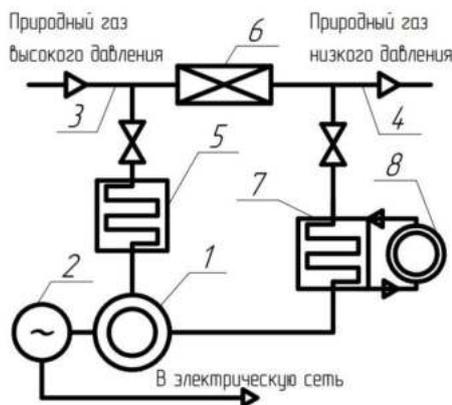


Рис. 1. Схема установки ЭДУ: 1 – детандер; 2 – генератор; 3, 4 – трубопроводы высокого и низкого давления; 5 – теплообменник; 6 – узел редуцирования газа; 7 – теплообменник; 8 – потребитель холода

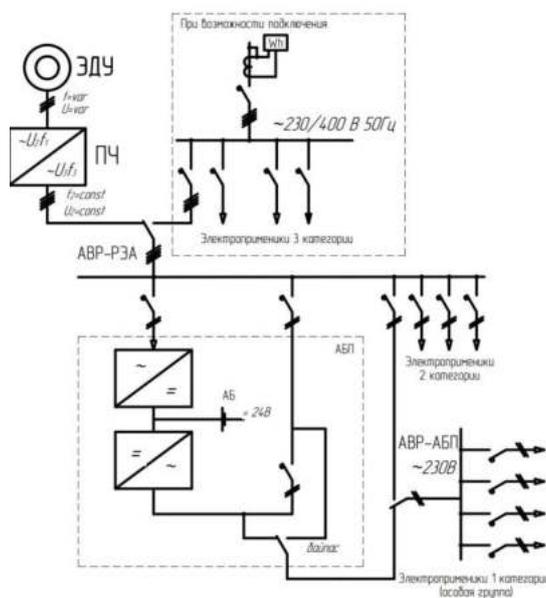


Рис. 2. Функциональная схема электроснабжения ГРС

Для удаленных ГРС это перспективное направление в развитии, но и для станций расположенных не далеко от города и предприятий есть возможность 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).

ТРАНСФОРМАТОРНОЕ МАСЛО И ЕГО СВОЙСТВА КАК ДИЭЛЕКТРИКА

Шарипова Айгуль Ринатовна¹, Воркунов Олег Владимирович²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹aygul.sharipova.99@list.ru, ²vorcunov_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.

TRANSFORMATOR OIL AND ITS PROPERTIES AS A DIELECTRIC

Sharipova Aigul Rinatovna¹, Vorkunov Oleg Vladimirovich²

^{1,2}Kazan State Power University, Kazan

¹aygul.sharipova.99@list.ru, ²vorcunov_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 ($\operatorname{tg}\delta$) [5].

Из всего вышесказанного 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.

ТРАНСФОРМАТОРНОЕ МАСЛО И СПОСОБЫ ЕГО ОЧИСТКИ

Шарипова Айгуль Ринатовна¹, Воркунов Олег Владимирович²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹aygul.sharipova.99@list.ru, ²vorcunov_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 Rinatovna¹, Vorkunov Oleg Vladimirovich²

^{1,2}Kazan State Power University, Kazan

¹aygul.sharipova.99@list.ru, ²vorcunov_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 °С, 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 эффективность, 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 ЭЗ» (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 Prospects. 2019. № 3. С. 190–197.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕЧИ КОСВЕННОГО НАГРЕВА НЕФТИ

Акбиров Ренат Илдарович¹, Курочкин Игорь Сергеевич²,

Измайлова Евгения Вячеславовна³

^{1,2,3}ФГБОУ ВО КГЭУ, г. Казань

¹renat.akbirov@mail.ru, ²parkour.99j@mail.ru, ³evgeniya-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.

IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF THE INDIRECT OIL HEATING FURNACE

Akbirov Renat Ildarovich¹, Kurochkin Igor Sergeevich²,

Izmaylova Evgeniya Vyacheslavovna³

Kazan State Power Engineering University, Kazan

¹renat.akbirov@mail.ru, ²parkour.99j@mail.ru, ³evgeniya-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.

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 позволяют 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. Гилязова 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.

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. Гилязова 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.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ В ЖКХ

Будникова Иветта Константиновна¹, Багманова Алина Азатовна²
^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
^{1,2}ikbudnikova@yandex.ru

В статье рассматриваются проблемы теплоснабжения в жилищно-команальном 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 Konstantinovna¹, Bagmanova Alina Azatovna²
^{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.

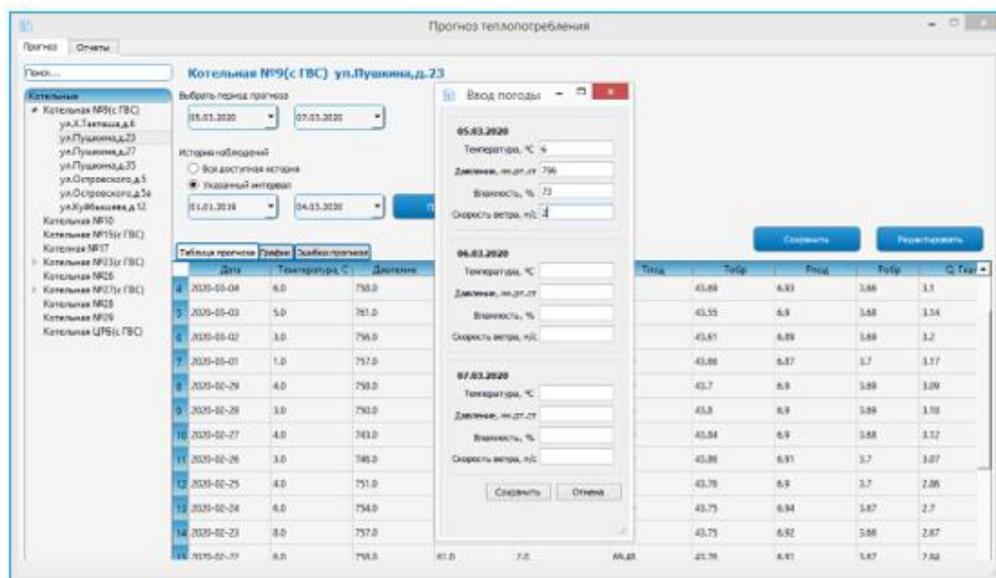
Из-за большого количества влияющих параметров, которые вносят различный вклад в процесс теплообмена, очень проблематично описать одним или несколькими уравнениями динамическую модель теплового потребления здания. Ввиду этого рассматривается возможность применения нейросетевой технологии прогнозирования 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 теплотребления необходимо учитывать цель прогноза, интервал и точность прогнозирования, адаптивность модели.

Разработанная программа для ЭВМ позволяет решать задачу оперативного контроля теплотребления по изменению метеорологических параметров (см.рис). График регулирования разности температур теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах формируется по результатам измерений теплотребления в режиме реального времени.



Интерфейс одного из рабочих окон программы

Разработанная программа для ЭВМ на языке Python для прогнозирования режимов теплотребления 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.

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 наличия 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.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РОТОРНОГО ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА ДЛЯ СИСТЕМ АВТОНОМНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Ведерникова Ксения Олеговна¹, Кесель Борис Александрович²,
Кесель Людмила Григорьевна³, Смирнова Анна Сергеевна⁴
^{1,3,4}ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева»,
²ООО «Научно-производственное предприятие «Авиатехника»,
г. Казань

¹vedernikova.k11@gmail.com, ^{2,3}bak1951@yandex.ru, ⁴simpleplan259@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 Olegovna¹, Kesel Boris Alexandrovich²,
Kesel Lyudmila Grigoryevna³, Smirnova Anna Sergeevna⁴
^{1,3,4}KNRTU-KAI, ²LLC “Scientific and Production Enterprise “Aviatechnika”,
Kazan

¹vedernikova.k11@gmail.com, ^{2,3}bak1951@yandex.ru, ⁴simpleplan259@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.

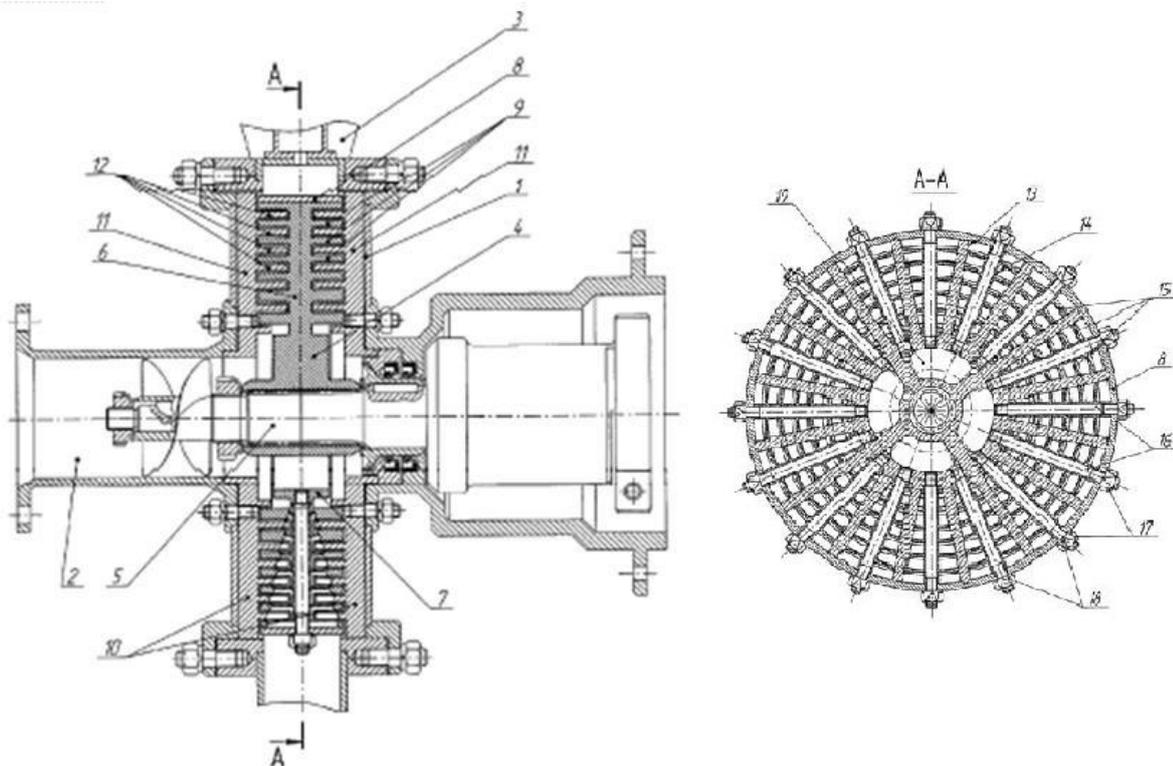
Основная роль в получении тепловой энергии отводится процессу кавитации. Тепловая энергия, полученная за счёт процесса кавитации, обусловлена вторичными нелинейными эффектами в жидкости. Энергия, сообщаемая теплоносителю (рабочей жидкости), за счёт схлопывания кавитационных пузырьков прямо пропорциональна 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 $A-A$): 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 $A-A$), 14 – осцилляторы, 15 – диски осцилляторов, 16 – шпильки, 17 – гайки, 18 – контрольные элементы, 19 – осевые каналы ступицы ротора (см. сечение $A-A$).

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 счёт 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. Дерibasова 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.

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ТРАДИЦИОННОГО РОТОРНОГО ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА И РОТОРНОГО ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА С ПОВЫШЕННОЙ КАВИТАЦИЕЙ ДЛЯ СИСТЕМ АВТОНОМНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Ведерникова Ксения Олеговна¹, Кесель Борис Александрович²,

Кесель Людмила Григорьевна³, Смирнова Анна Сергеевна⁴

^{1,3,4}ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева»,

²ООО «Научно-производственное предприятие «Авиатехника»,

г. Казань

¹vedernikova.k11@gmail.com, ^{2,3}bak1951@yandex.ru, ⁴simpleplan259@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 Olegovna¹, Kesel Boris Alexandrovich²,

Kesel Lyudmila Grigoryevna³, Smirnova Anna Sergeevna⁴

^{1,3,4}KNRTU-KAI, ²LLC “Scientific and Production Enterprise “Aviatechnika”,

Kazan

¹vedernikova.k11@gmail.com, ^{2,3}bak1951@yandex.ru, ⁴simpleplan259@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.

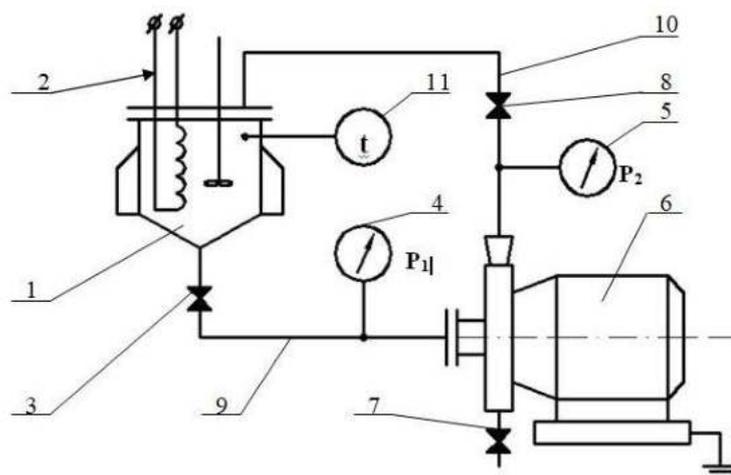


Рис. 1. Схема испытательного стенда



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.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОГО МЕТОДА КОНТРОЛЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ ЖКХ

Галимова Алсу Рузилевна¹, Гапоненко Сергей Олегович²,
Кондратьев Александр Евгеньевич³
^{1,2,3}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
¹galimovaar00@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 Ruzilevna¹, Gaponenko Sergey Olegovich²,
Kondratiev Alexander Evgenievich³
^{1,2,3}Kazan State Power Engineering University, Kazan
¹galimovaar00@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 виброакустических 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.

ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ИЗМЕНЕНИЯ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ КОЛЕБАНИЙ ТРУБОПРОВОДОВ ПРИ НАГРУЖЕНИИ ДАВЛЕНИЕМ

Гарнышова Елена Владимировна¹, Измайлова Евгения Вячеславовна²,
Ваньков Юрий Витальевич³

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹garnyshova@mail.ru, ²evgeniya-izmailova@yandex.ru, ³yvankov@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 Vladimirovna¹, Izmaylova Evgeniya Vyacheslavovna²
Vankov Yuri Vitalevich³

^{1,2,3}Kazan State Power Engineering University, Kazan

¹garnyshova@mail.ru, ²evgeniya-izmailova@yandex.ru, ³yvankov@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 заземленный 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 $\rho = 7860 \text{ кг/м}^3$, коэффициентом Пуассона $\nu = 0,3$ и модулем Юнга (модуль упругости) $E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Н/м}^2$; 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 определены 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).

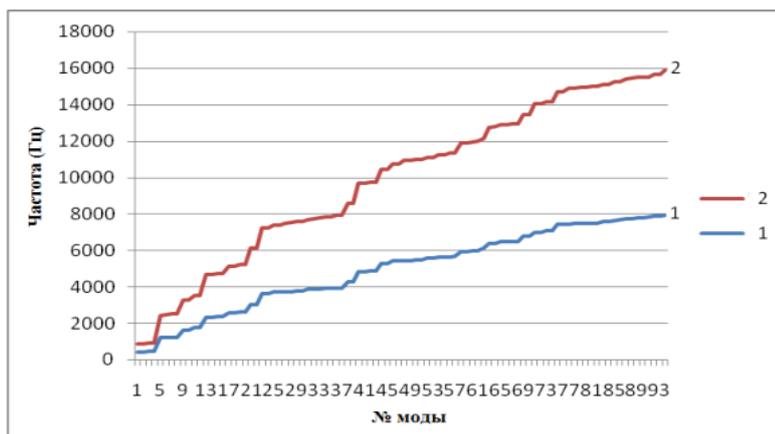


Диаграмма изменения собственных частот колебаний элемента конструкции при созданном в нем давлении: 1 – чистая труба; 2 – труба с отложением

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-летию 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.

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 степенью 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.

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 оборудования 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 состоянии 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.

МОДЕЛЬ МНОГОСЛОЙНОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИТА ИЗ АЭРОГЕЛЯ

Гафиатуллина Камиля Расуловна¹, Крайков Максим Дмитриевич²,
Ваньков Юрий Витальевич³
^{1,2,3}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹Kgafiatullina@yandex.ru, ²maksim_kraikov@mail.ru, ³yvankov@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. Gafiatullina¹, Maksim D. Kraikov², Vankov Yury Vitalievich³
^{1,2,3}Kazan State Power Engineering University, Kazan

¹Kgafiatullina@yandex.ru, ²maksim_kraikov@mail.ru, ³yvankov@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 $D_y = 200$ 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/м³), 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 ($t_b = 18$ °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/наука/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).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОКОПРОВОДЯЩИХ ШИН С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА COMSOL MULTIPHYSICS

Гервасьева Юлия Романовна¹, Максимов Виктор Владимирович²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹yuliya-gervaseva@yandex.ru, ²viktor.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 Romanovna¹, Maksimov Viktor Vladimirovich²

^{1,2}Kazan State Power Engineering University, Kazan

¹yuliya-gervaseva@yandex.ru, ²viktor.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.

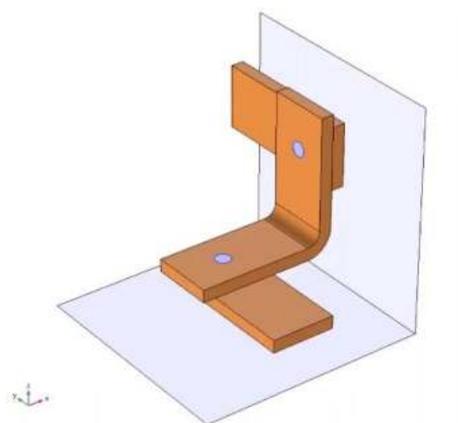
Keywords: simulation, tises, interface, frequency, modes.

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 $50 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. В качестве модификации рассмотрим режим $\times 5$ по току и $\times 2$ 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 выходе 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 AC-режиме:

- 1) AC: Распределение магнитной индукции и плотности тока в шине;
- 2) AC: 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.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОНАСОСНЫХ ОТОПИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ РОССИИ

Даутов Руслан Радикович¹, Кондратьев Александр Евгеньевич²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹gluza.dautova@ya.ru, ²aekondr@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, низкопотенциальные источники, возобновляемая энергия, горячее водоснабжение.

FEATURES OF THE APPLICATION OF HEAT PUMP HEATING SYSTEMS IN THE CONDITIONS OF RUSSIA

Dautov Ruslan Radikovich¹, Kondratiev Alexander Evgenievich²

^{1,2}Kazan State Power Engineering University, Kazan

¹gluza.dautova@ya.ru, ²aekondr@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 низкопотенциальное 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 отличающегося 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 низкопотенциального 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.

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 должна 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.

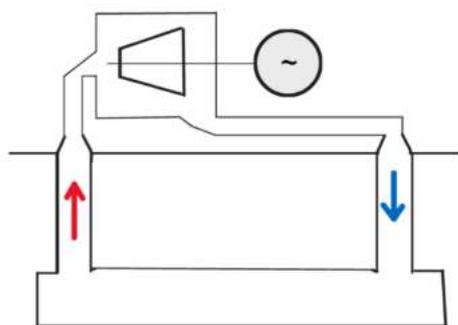


Рис. 1. Прямая схема

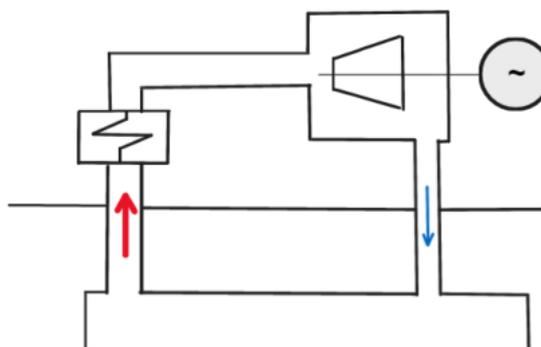


Рис. 2. Непрямая схема

Геотермальные станции с бинарным циклом производства электроэнергии отличается от прямой и не прямой схемы тем, что состоит из двух контуров. В большинстве случаев вода, добываемая на ГеоЭС имеет температуру меньше 200 °С. 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 не прямой 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.

УЛУЧШЕНИЕ КОНСТРУКТИВА ПРОМЫШЛЕННЫХ ЖАРОТРУБНЫХ ВОДОГРЕЙНЫХ И ПАРОВЫХ КОТЛОВ

Зубаирова Алия Раисовна¹, Тюлькина Виктория Геннадьевна²,
Бондарева Елизавета Олеговна³
^{1,2,3}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
a.zubairova@omzit.ru

В статье рассмотрены 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 ремонтпригодность;
- 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.

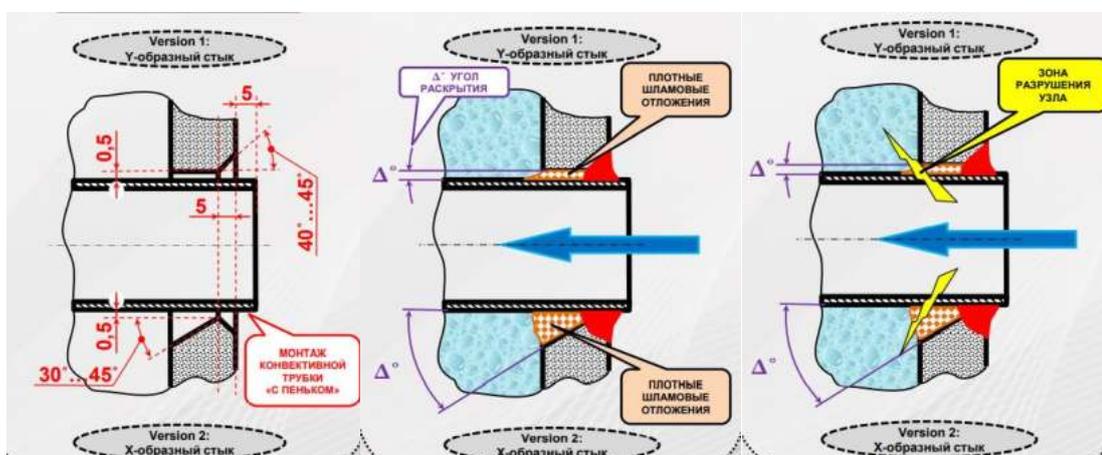


Рис. 2. Схема Y-образного стыка

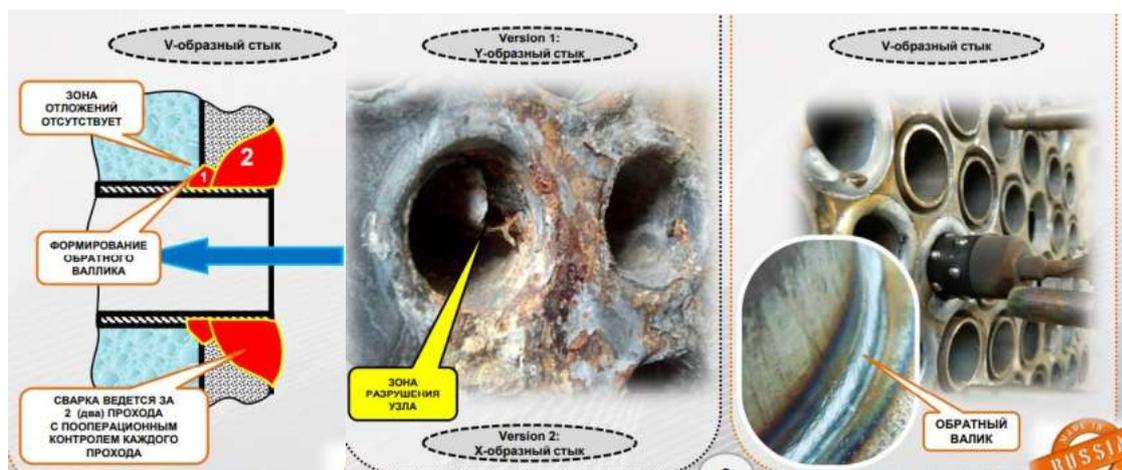


Рис. 3. Схема V-образного стыка и формирования обратного валика

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).

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, нефть 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 м³ 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 $1,75 \text{ м}^3/\text{мин}$, 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 сжигании 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.

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, тепло-снабжение.

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 тепловой 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 м², объемом помещений 8 668 м³ 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 ₂ H ₆	CO ₂	N ₂	O ₂	H ₂ S
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.

ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. НЕКОТОРЫЕ ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ СОВРЕМЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Коньжов Кирилл Вадимович¹, Политова Татьяна Олеговна²
^{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 Vadimovich¹, Politova Tatyana Olegovna²
^{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. Гвоздиков 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.

ПЕРСПЕКТИВА ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОСЛОЙНОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИТА ИЗ АЭРОГЕЛЯ

Крайков Максим Дмитриевич¹, Гафиатуллина Камиля Расуловна²,

Ваньков Юрий Витальевич³

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹maksim_kraikov@mail.ru, ²Kgafiatullina@yandex.ru, ³yvankov@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 Dmitrievich¹, Gafiatullina Kamilya Rasulovna²,

Vankov Yury Vitalievich³

^{1,2,3}Kazan State Power Engineering University, Kazan

¹maksim_kraikov@mail.ru, ²Kgafiatullina@yandex.ru, ³yvankov@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 истощения топливных энергетических ресурсов, увеличения их стоимости, а также неутрачивающих 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 м²/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 и 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 алюминизированного 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 целесообразно.

Источники

1. Карев Д.С., Мельников В.М., Иванченко А.Б. Расчет потерь теплоты при ее передаче по теплопроводу с применением САД/САЕтехнологий // 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.

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.

ИННОВАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ АЭРОГЕЛЯ В ТЕПЛОСНАБЖЕНИИ

Макарова Аделя Равильевна¹, Ваньков Юрий Витальевич²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹adelya.fazdalova@mail.ru, ²yvankov@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 Ravilievna¹, Vankov Yuri Vitalievich²

^{1,2}Kazan State Power Engineering University, Kazan

¹adelya.fazdalova@mail.ru, ²yvankov@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);

б) влагонепроницаем, гидрофобен; (благодаря открытой ячеистой 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 представляет собой гибкий теплоизоляционный материал, состоящий из аэрогеля и армированной нетканной стеклянno-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 из основных 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 САД/САЕ-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.

РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОТЕХНОЛОГИЙ

Мустафина Гульфия Равилевна¹, Кондратьев Александр Евгеньевич²
^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
¹gulfia999@gmail.com; ²aekondr@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 Ravilevna¹, Kondratiev Alexander Evgenievich²
^{1,2}Kazan State Power Engineering University, Kazan
¹gulfia999@gmail.com; ²aekondr@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 использовании 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 повреждает почву без возможности дальнейшего применения для аграрного производства, но с помощью, обработанного биогазовой установкой, сырья появляется возможность 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.

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

Мустафина Гульфия Равилевна¹, Кондратьев Александр Евгеньевич²
^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
¹gulfia999gmail.com, ²aekondr@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 Ravilyevna¹, Kondratiev Alexander Evgenievich²
^{1,2}Kazan State Power Engineering University, Kazan
¹gulfia999gmail.com, ²aekondr@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.

Ранее 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 отдельного 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 своей отдельной ёмкости с температурой 55 °С. С помощью этого сокращается время сбраживания, объем такого реактора составляет более 1000 м³, 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, показанная 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 в 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 ферментатору 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 изготавливать компосты при помощи смешивания определенных пропорций с различным составом [5].

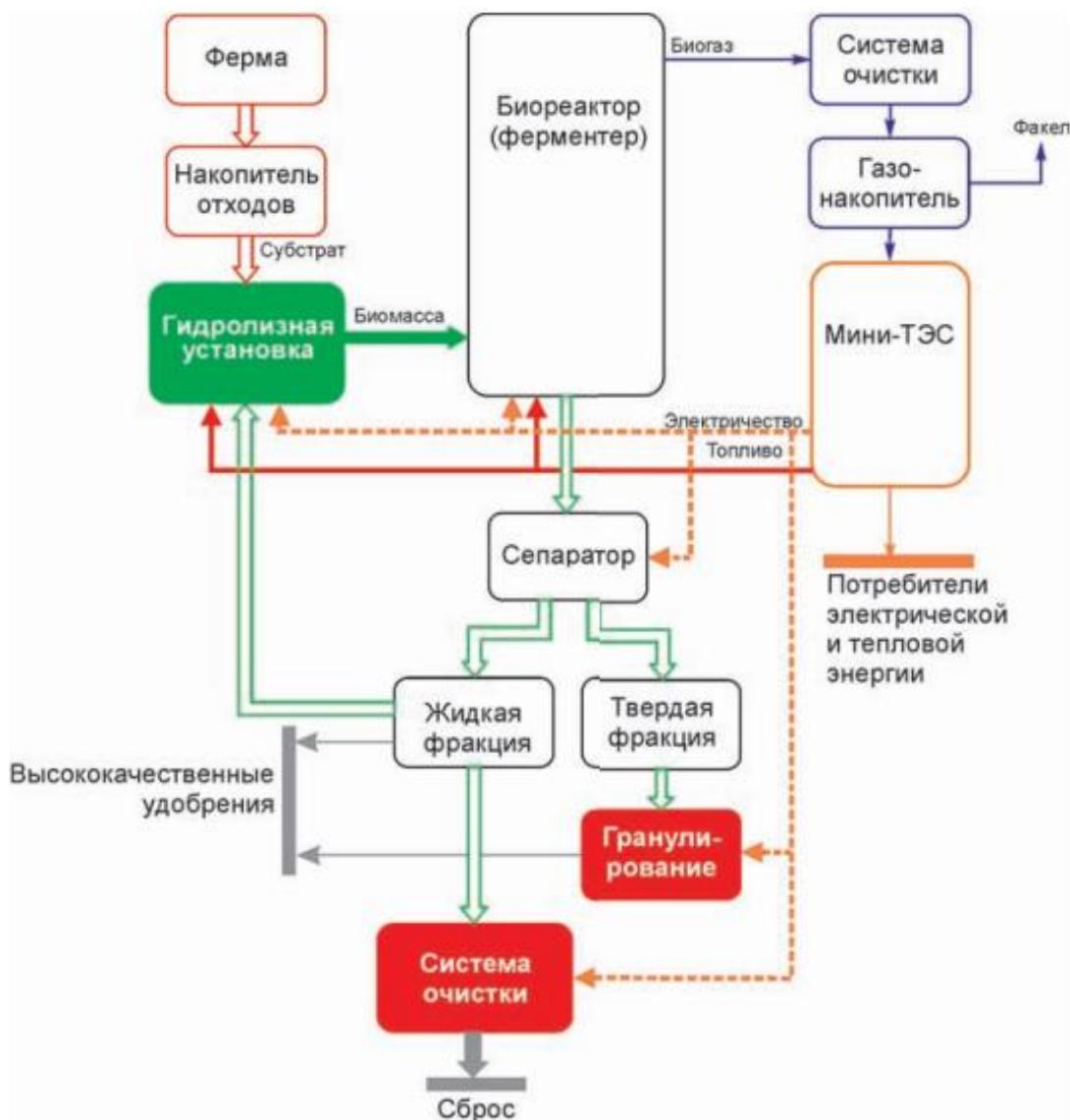


Схема биогазовой установки

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 FROХКА.

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. Нижневартковского гос. ун-та: матер. конф. / под общ. ред. Д.А. Погоньшева. Нижневартовск, 2022. С. 200–205.

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА БИОГАЗА

Мустафина Гульфия Равилевна¹, Кондратьев Александр Евгеньевич²
^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
¹gulfia999gmail.com, ²aekondr@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, реактор, гидролиз, метантек.

ECONOMIC JUSTIFICATION OF BIOGAS PRODUCTION

Mustafina Gulfiya Ravilyevna¹, Kondratiev Alexander Evgenievich²
^{1,2}Kazan State Power Engineering University, Kazan
¹gulfia999gmail.com, ²aekondr@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, reactor, 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 направляются переработанное и измельченное сырье до 12 раз за сутки и то же самое количество освобождается с рекатора. Для исключения 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. м³, 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 FROХКА.

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. Нижневартковского гос. ун-та: матер. конф. / под общ. ред. Д.А. Погоняшева. Нижневартовск, 2022. С. 200–205.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ДЛЯ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Новосельцева Екатерина Сергеевна¹, Сайтов Станислав Радикович²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹katya-novoselceva@mail.ru, ²saapel@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 Sergeevna¹, Saitov Stanislav Radikovich²

^{1,2}Kazan State Power Engineering University, Kazan

¹katya-novoselceva@mail.ru, ²saapel@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 отстаивать свои права, в случае несоответствия нормативам, к примеру, подать жалобу в управляющую компанию.

Согласно ГОСТу 30494-2011 и СанПиН [3] для жилых помещений установлены следующие оптимальные 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-temperature-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-temperature-v-pomeshhenii/> (дата обращения: 10.11.2022).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ НАГРЕВАТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА ПЛОСКОГО ТИПА

Пономарев Роман Андреевич¹, Ваньков Юрий Витальевич²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹romanponomarevich@mail.ru, ²yvankov@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 Andreevich¹, Vankov Yuriy Vitalevich²

^{1,2}Kazan State Power Engineering University, Kazan

¹romanponomarevich@mail.ru, ²yvankov@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 образцами 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 теплого 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 сохраняются 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.

ПОДКЛЮЧЕНИЕ НЕСКОЛЬКИХ ТЕРМОПАР К-ТИПА К ARDUINO UNO

Пономарев Роман Андреевич¹, Ваньков Юрий Витальевич²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹romanponomarevich@mail.ru, ²yvankov@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 Andreevich¹, Vankov Yuriy Vitalevich²

^{1,2}Kazan State Power Engineering University, Kazan

¹romanponomarevich@mail.ru, ²yvankov@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 автоматике, 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.

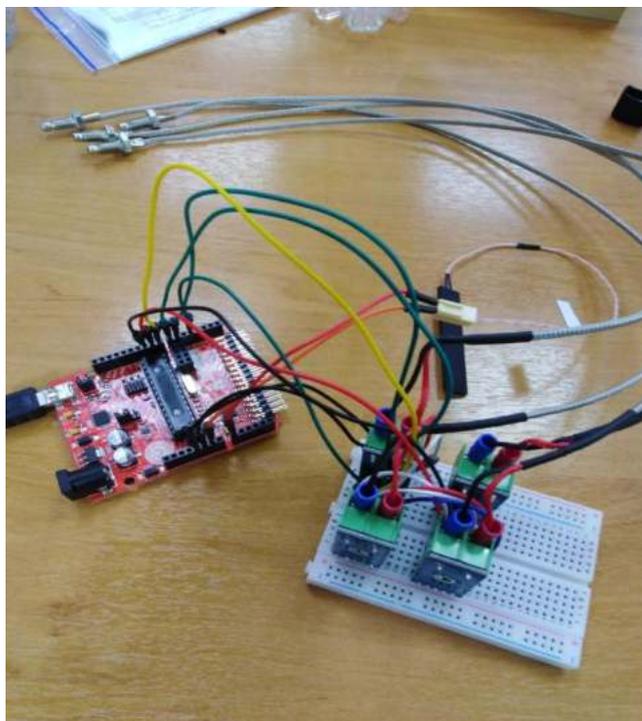


Рис. 2. Общий вид полученного измерительного прибора

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].

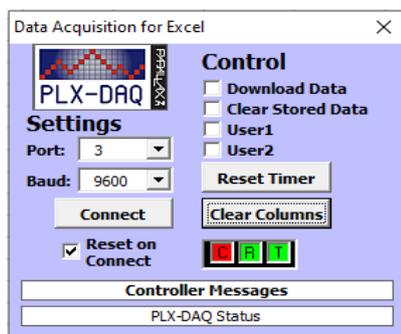


Рис. 3. Диалоговое окно PLX-DAQ

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.

СНИЖЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ НА ОТОПЛЕНИЕ БЫТОВЫХ КОРПУСОВ

Сабилов Ирек Марселевич¹, Черный Александр Александрович²,
Янайкин Николай Марсович³, Звонарева Юлия Николаевна⁴
^{1,2,3,4}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
¹SabirovIM1981@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 Marselevich¹, Chernyi Aleksandr Aleksandrovich²,
Yanaykin Nikolay Marsovich³, Zvonareva Yuliya Nikolaevna⁴
^{1,2,3,4}Kazan State Power Engineering University, Kazan
¹SabirovIM1981@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: внутрислоевого горения, 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 1 м^2 , 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°C [3].

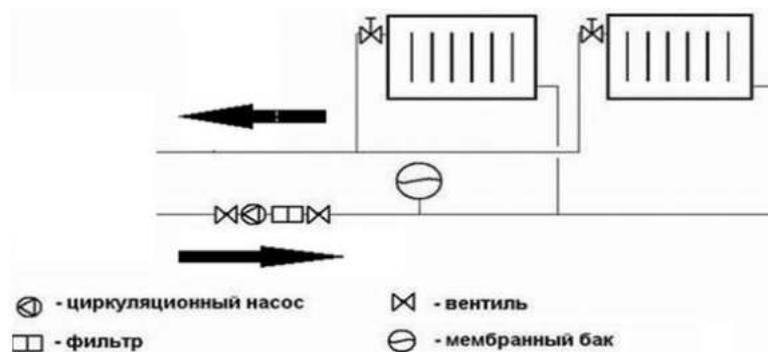


Рис. 2. Схема монтажа радиаторов отопления

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/slozhnyu-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 газоснабжения. 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).

РАЗНОВИДНОСТИ АККУМУЛЯТОРОВ ТЕПЛОТЫ НА ОСНОВЕ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА

Федотова Анастасия Олеговна¹, Ваньков Юрий Витальевич²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹nastya2505fedotova@mail.ru, ²yvankov@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 Olegovna¹, Vankov Yury Vitalievich²

^{1,2}Kazan State Power Engineering University, Kazan

¹nastya2505fedotova@mail.ru, ²yvankov@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.

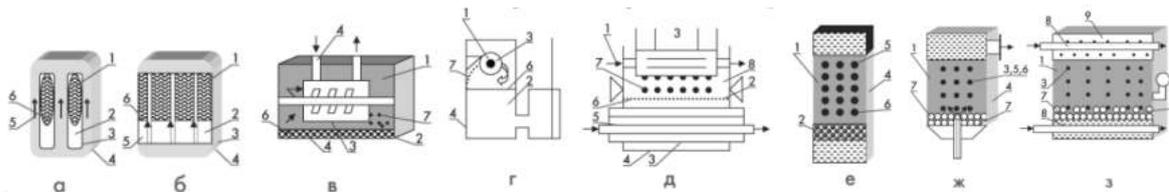
Keywords: phase transition accumulator, heat storage material, paraffin, heat capacity, heat exchange surface.

Одним из возможных вариантов решения проблемы повышения энергетической эффективности и снижения потребления первичных энерго-ресурсов 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 NaN_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: *a* – 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 (*a*). 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 Са // F, Cl, SO₄, MOO₄ // 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. Аккумуляция 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.

МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ СПРОСОМ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Хамидуллина Диана Ильгизаровна¹, Сайтов Станислав Радикович²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹diankaaa945@mail.ru, ²саapel@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, энерго-снабжение, спрос потребителей, пиковые часы.

DEMAND MANAGEMENT MECHANISMS FOR ELECTRICITY CONSUMERS

Khamidullina Diana Ilgizarovna¹, Saitov Stanislav Radikovich²

^{1,2}Kazan State Power Engineering University, Kazan

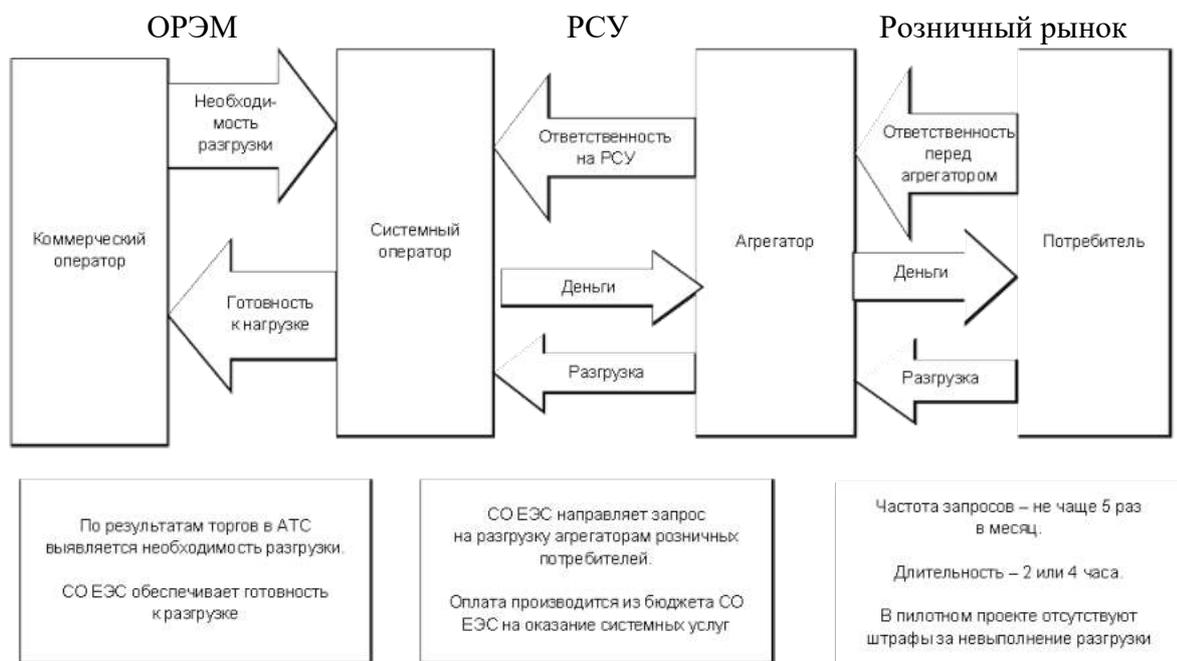
¹diankaaa945@mail.ru, ²саapel@mail.ru

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.

ПОДОГРЕВ ВОЗДУХА ГОРЕНИЯ НА ПЕЧАХ ЗА СЧЕТ РЕКУПЕРАЦИИ ТЕПЛА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ

Черный Александр Александрович¹, Сабиров Ирек Марселевич²,
Янайкин Николай Марсович³, Звонарева Юлия Николаевна⁴
^{1,2,3,4}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
¹blackksandermobile@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 Aleksandrovich¹, Sabirov Irek Marselevich²,
Yanaykin Nikolay Marsovich³, Zvonareva Yuliya Nikolaevna⁴
^{1,2}Kazan State Power Engineering University, Kazan
¹blackksandermobile@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, представленной 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 водой 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.

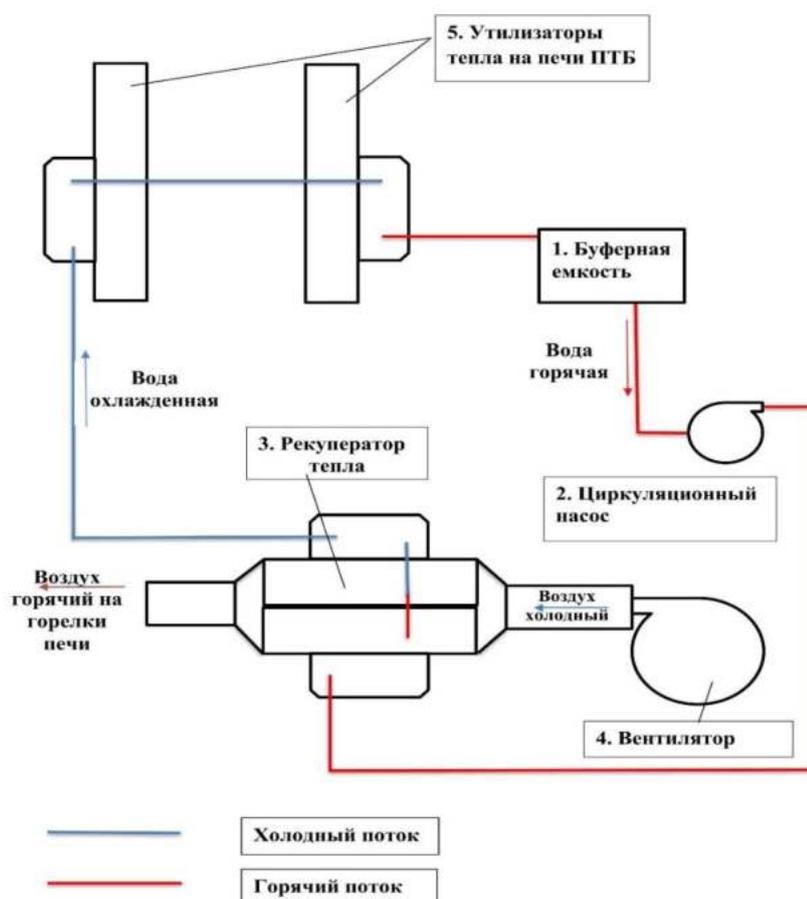


Рис. 2. Технологическая схема рекуперации тепла дымовых газов

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 работы печи и производительности вентиляторов). Это в свою 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.

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 обуславливает 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.

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 VIBRATION 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 обуславливает 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

<i>Куаку В.А., Малёв Н.А., Осынбасар Д.Б.</i> Определение суммарной погрешности системы активного управляющего контроля размеров	3
<i>Куаку В.А., Малёв Н.А.</i> Анализ причин появления погрешностей систем активного управляющего контроля размеров	6
<i>Андреева А.Р., Сафаров И.М., Шарафиева А.И., Сафин М.А.</i> Цифровая энергетика и система автоматического управления цифровой энергией в Республике Татарстан	9
<i>Баязитов Х.М., Малёв Н.А.</i> Устройство многоканальной сигнализации температуры	12
<i>Баязитов Х.М., Малёв Н.А., Сулейменов С.Н.</i> Исследование приборного электропривода системы регулирования температуры сушильной камеры с релейным управлением	16
<i>Булатов М.М., Малев Н.А., Искаков А.Ж.</i> Основные соотношения для измерительных мостов переменного тока	20
<i>Вакорина Д.В., Давыдов В.В., Степаненков Г.В., Резников Б.К.</i> Разработка методики контроля состояния летучих углеводородных сред с использованием метода рефракции	23
<i>Васильев Н.С., Кашаев Р.С.</i> Автоматизация процесса анализа нефти на базе релаксометра ПМР-NP2 и промышленного робота «КУКАKR 3 R540»	26
<i>Виноградов Г.Н.</i> Разработка установки для переработки пластиковых бутылок.....	29
<i>Галиуллина Э.Р., Козелков О.В.</i> Программно-аппаратный комплекс контроля загрязнения воздуха на асфальтобетонном заводе	31
<i>Гусейнов Т.К.</i> О возможности использования вибрационно-частотных датчиков плотности в качестве индикатора загрязнения жидких сред	33
<i>Давыдов В.В., Проводин Д.С., Давыдов Р.В., Дудкин В.И., Логунов С.Э.</i> Ядерно-магнитный расходомер-релаксометр для контроля расхода и состава горюче-смазочных смесей с высокой вязкостью	36
<i>Дроздова А.Д., Смирнова С.В.</i> Электрическая принципиальная схема канала управления мобильной снегоплавильной установки.....	40

<i>Дронина А.А., Зарипова Р.С.</i> Возможные пути совершенствования топливно-энергетического комплекса	43
<i>Идрисова Г.Ф., Богданова Н.В.</i> Внедрение интеллектуальных передатчиков как измерителей давления или температуры	46
<i>Карачин В.И., Кашаев Р.С., Козелков О.В.</i> Методы лазерной фотометрии и ПМР-релаксометрии для исследования парафинистых нефтей.....	49
<i>Кашаев Р.С., Костюхина Н.А.</i> Применения LabVIEW в автоматизированных измерениях	53
<i>Квасова И.С., Сафин М.А., Сафаров И.М.</i> Использование манипуляторов в мехатронных системах автоматического управления	56
<i>Козелкова В.О., Кашаев Р.С., Козелков О.В.</i> Экспресс-контроль концентрации солей в каплях воды эмульсий методом магнитной левитации	59
<i>Ломакин И.В., Самохвалова К.Ю.</i> Мобильный мехатронный модуль вакуумной терапии.....	63
<i>Мартышов А.С., Ломакин И.В.</i> Разработка устройства контроля микроклимата в помещении.....	66
<i>Мухаметшин А.И., Малев Н.А., Ахметсагиров Р.И.</i> Исследование цифровых фильтров в цифровом канале измерителя температуры в микроконтроллерах серий ARM.....	70
<i>Мухаметшин С.М., Львова Т.Н.</i> Применение амперметрического метода определения кислорода в воде	75
<i>Муханова П.П., Цветков А.Н.</i> Измерение параметров при исследовании мобильных устройств зарядки электромобилей в испытательном оборудовании	79
<i>Нгуен Дык Ань, Кашаев Р.С.</i> Усовершенствование модели магнита хальбаха для релаксометра протонного магнитного резонанса.....	82
<i>Новик Р.Д., Малёв Н.А.</i> Моделирование системы автоматического контроля температуры производственного помещения	88
<i>Овсеенко Г.А., Кашаев Р.С., Козелков О.В.</i> Алгоритм работы системы контроля функционирования приборно-программного комплекса на основе нейронной сети	91
<i>Овсеенко Г.А., Кашаев Р.С., Козелков О.В.</i> Контроль достоверности измерений методом ПМР-релаксометрии использованием нейронных сетей.....	96
<i>Постников Е.В., Львова Т.Н.</i> Создание прибора контроля утечек бытового газа	99

<i>Сатдаров Т.Р., Козелков О.В.</i> Виды промышленных роботов и их применение для ТЭК и ЖКХ	102
<i>Сафиуллин Б.И., Аухадеев А.Э., Вахитов Х.Ф.</i> Диагностический комплекс зарядных станций для электромобилей	106
<i>Тарасов В.А., Тарасова В.В., Афанасьев В.В., Ковалев В.Г.</i> Цифровые двойники нестационарных тепловых процессов в ограждениях	109
<i>Ушкова Т.О., Шпенст В.А.</i> Современное состояние и прогноз развития методов измерения вязкости потока нефти	114
<i>Хабибуллина А.Д., Козелков О.В.</i> Исследование и разработка методов и прибора контроля качества электроэнергии	118
<i>Чан Ван Тунг.</i> Новая конструкция массива магнитов для скважинных азимутальных измерений методом протонного магнитного резонанса	122
<i>Шайхутдинова Л.Р., Смирнова С.В.</i> Разработка и моделирование печатных плат гидроэнергетической установки	126
<i>Шакиров А.И., Малёв Н.А.</i> Исследование психрометрического датчика влажности на основе термопреобразователя сопротивления	130
<i>Шурупов Д.Н., Пчёлкин Г.А., Демидов В.В., Муссауи Амир, Булыга Д.В.</i> Люминесцентные волоконно-оптические датчики с использованием нанокристаллов YAG:R ³⁺ (R = Dy, Yb, Ce)	134

Направление 2. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД В ТЭК И ЖКХ

<i>Ахмад Альзаккар, Грачева Е.И.</i> Моделирование структуры внутризаводской электрической сети прядильно-ткацкой фабрики (г. Дамаск, Сирия)	138
<i>Аскеров Д.С., Гамидов М.Г., Амирова З.Д., Гаджибалаев Н.М.</i> Разработка многоязычной компьютерной программы «Электротехнический терминологический словарь»	143
<i>Аюпов Н.И., Макаров В.Г.</i> Электропривод с микродвигателем постоянного тока	151
<i>Будникова И.К., Котков М.А.</i> Мониторинг индекса промышленного производства АО «Татэнерго»	155
<i>Васильев И.А.</i> Система управления электрогидравлическим приводом ...	159
<i>Васильев А.Д., Малёв Н.А.</i> Моделирование асинхронного двигателя в приложениях Simulink и Simscape среды MatLab	163
<i>Васильевых С.Л., Греков Э.Л., Шелихов Е.С.</i> Имитационное моделирование электропривода внутреннего контура котельной	167

<i>Вырыханов Д.А., Камендровский И.А.</i> Режим управления насосным оборудованием по параметру механической мощности	170
<i>Габдрахманов Ф.Ф., Мухаметгалеев Т.Х.</i> Разработка анализатора качества электроэнергии	173
<i>Галяутдинова А.Р., Ившин И.В.</i> Система оценки технического состояния силовых маслонаполненных трансформаторов распределительных сетей.....	176
<i>Гимадеев Р.А., Малёв Н.А.</i> Исследование нелинейного электропривода тепловизионной системы сопровождения цели.....	179
<i>Горбань А.А., Шелихов Е.С., Греков Э.Л.</i> Регистратор электрических параметров приводных высоковольтных синхронных электродвигателей для газоперекачивающих агрегатов.....	184
<i>Желнов В.Е., Тригорлый С.В.</i> Применение СВЧ волноводно-щелевых излучающих систем для повышения эффективности термообработки диэлектриков.....	188
<i>Камалиев И.И., Мухаметгалеев Т.Х.</i> Информационная система по учету расхода и давления тепловой системы микрорайона г. Ижевска	191
<i>Климов Е.Д., Петров Л.П.</i> Контроль изоляции на кабельных линиях 1 кВ	195
<i>Комаров Н.Е.</i> Разработка системы управления асинхронного двигателя с фазным ротором	198
<i>Кондратьева Н.П., Корепанов И.Я., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г.</i> Перспективы развития сквозных цифровых технологий в электроэнергетике	201
<i>Мухаметшин А.И., Малев Н.А., Корнилов В.Ю., Ахметсагиров Р.И.</i> Испытательный стенд для испытания электрических машин	204
<i>Кравчук А.А., Гаврилова С.В.</i> Устройство плавного пуска на основе транзисторного регулятора напряжения с форсированием режимов работы.....	209
<i>Крылов Г.А., Светлана В.Г.</i> Система контроля и управления теплообменными аппаратами	212
<i>Малёв Н.А.</i> Исследование работоспособности метода определения параметров математических моделей электромеханических систем	215
<i>Масков Л.Р., Корнилов В.Ю.</i> Методика определения инерционных характеристик мехатронного модуля движения аппарата воздушного охлаждения газа.....	220

<i>Найдышева А.А., Халфина Г.И.</i> Методика проектирования синхронного двигателя с постоянными магнитами.....	223
<i>Никифорович А.А., Зарипова Р.С.</i> Экологические аспекты применения зарядно-накопительных терминалов энергетической инфраструктуры электромобилей	226
<i>Петров Т.И., Басенко В.Р.</i> Упрощения, применяемые при топологической оптимизации синхронного двигателя с постоянными магнитами ВМ1418 ZXF	229
<i>Петров А.Р.</i> Модели параметров автоматических выключателей в эксплуатационных режимах.....	232
<i>Петрова Р.М.</i> Надежность и эффективность эксплуатации трансформаторов	235
<i>Полянский Е.А.</i> Анализ вариантов совершенствования индукционного комплекса переплавки отходов алюминиевого производства.....	239
<i>Раджабов А.Н., Малёв Н.А.</i> Моделирование нескорректированного электропривода автосопровождения цели по азимуту.....	242
<i>Смолин В.И., Гун В.С.</i> Скалярно-фазовое управление крутящим моментом тягового электропривода.....	246
<i>Софронов Д.А., Малёв Н.А.</i> Исследование функционирования электропривода автомата регулировки управления летательного аппарата с различными исполнительными устройствами	250
<i>Старостина Я.К., Сидоров Е.В.</i> Малоэлементное регулирующее устройство для асинхронного электропривода насосных установок	253
<i>Таначев Г.П., Корнилов В.Ю.</i> Моделирование электроприводов в программе «Simintech»	257
<i>Третьяков А.С.</i> Разработка программно-аппаратного комплекса для исследования вентиляционных режимов асинхронных электродвигателей	260
<i>Трифонов Д.Н., Мухаметгалеев Т.Х.</i> Модернизация электропривода тихоходного пассажирского лифта Orona 3G 1015	263
<i>Тухфатуллин И.Р., Хузяшев Р.Г.</i> Определение частот многомодовых колебаний переходного сигнала	266
<i>Филимонов С.С.</i> Проектирование гильзы камеры сгорания четырёхтактного двигателя внутреннего сгорания в Autodesk Inventor	269
<i>Филиппов Р.А., Малёв Н.А.</i> Моделирование электропривода механизма подъёма карьерного экскаватора с учетом особенностей нагрузки	272

<i>Хайбуллин Ф.Г., Мухаметгалеев Т.Х.</i> Модернизация главного электропривода фрезерного станка 6В11	275
<i>Халфина Г.И., Найдышева А.А.</i> Методика расчета электротехнического комплекса нефтяного куста.....	278
<i>Ханов Ф.Р., Мухаметгалеев Т.Х.</i> Модернизация электропривода токарно-винторезного станка 1А62.....	281
<i>Цатурян Э.Б., Мухаметгалеев Т.Х., Толмачева А.В.</i> Модернизация электропривода бетоносмесителя СБ-93	284
<i>Цветкова А.А., Цветков А.Н.</i> Автоматизация в системе вентиляции в зависимости от влажности помещения.....	287
<i>Чилыева М.Р., Малёв Н.А.</i> Определение допустимого диапазона изменения параметров следящего вентиляционного электропривода	292
<i>Шайхлисламов И.Р., Корнилов В.Ю.</i> Методы динамического моделирования нагружающих электромеханических модулей исследовательских стендов электроприводов нефтедобывающих скважин в среде Simintech.....	295
<i>Шайхутдинов М.М., Мухаметгалеев Т.Х., Львова Т.Н.</i> Разработка квадрокоптера из отечественных комплектующих	300
<i>Шайхутдинова Л.Р., Смирнова С.В.</i> Разработка принципиальной электрической схемы канала обработки информации, полученной с пьезогенератора ГЭУ	303
<i>Шайхутдинова Л.Р., Смирнова С.В.</i> Разработка принципиальной электрической схемы канала инвертирования сигнала, полученного с пьезогенератора ГЭУ	308
<i>Шакиров А.А., Козелков О.В.</i> Сравнение приборов и методов неразрушающего контроля плотности асфальтобетонного полотна	311
<i>Шумихина О.А., Грачева Е.И.</i> Потери электроэнергии в трёхпроводных распределительных электрических сетях 6–10 кВ	314

Направление 3. ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЭК И ЖКХ

<i>Агзамова А.Т., Козлова Е.А., Саитов С.Р.</i> Определение эффективности внедрения системы «Умный дом».....	317
<i>Акберова Г.И., Зиганшин М.Г.</i> Выбор способов модернизации теплоснабжения учебного корпуса и финансирование	320

<i>Алемасов Е.П.</i> Имитационное моделирование как инструмент повышения эффективности управления жилищно-коммунальным транспортом	323
<i>Амирова А.И., Вилданов Р.Р., Шайхутдинов К.Л.</i> Экологические особенности АЭС	326
<i>Амирова А.И., Саитов С.Р.</i> Энергосбережение в ЖКХ	329
<i>Андреянов Д.А., Разакова Р.И.</i> Хранение водорода на ТЭЦ.....	332
<i>Бабииков О.Е., Чичирова Н.Д.</i> Прямоточная регенерации ионообменных фильтров	336
<i>Валиуллина Е.С., Зиганишин М.Г.</i> Моделирование топки котла ТП-14А для нахождения оптимальных способов снижения вредных выбросов ...	339
<i>Варганова А.М., Закиров Р.Н.</i> Проектирование горизонтальной и вертикальной разводки системы отопления в МКД.....	343
<i>Галиева А.Р., Баторшин Т.Р., Сафаров И.М.</i> Беспроводные технологии в системах автоматизации жилых помещений.....	347
<i>Година П.В., Закиров Р.Н.</i> Способы аккумулирования и транспортировки водорода.....	350
<i>Гущина Н.В., Саитов С.Р.</i> Повышение посещаемости сайтов управляющей компании собственниками жилья.....	353
<i>Долгова А.Н., Чурилов К.Е.</i> Автоматизированные системы управления в котельном оборудовании	356
<i>Леонов С.В., Жгута В.А., Сладков М.</i> Системы интеллектуального управления комплексом электростатических фильтров	359
<i>Зайнутдинова Д.А., Аминева Е.Д.</i> Разработка малошумной сушилки, основанной на пульсирующем оживленном слое	363
<i>Иксанова О.Е.</i> Современные методы осветления воды	367
<i>Камалиева Р.Ф., Филимонов А.А.</i> Рекуперация отработанного тепла полимерных топливных элементов	370
<i>Камалиева Р.Ф., Филимонов А.А.</i> Использование топливных элементов для повышения эффективности ТЭС	373
<i>Карачурин Б.Р., Сидоров М.В., Саитов С.Р.</i> Метод анализа данных для прогнозирования пиковых часов	375
<i>Карпов Д.Ф., Павлов М.В., Гудков А.Г.</i> О потенциале энергосберегающих зданий и энергоэффективных технологий в строительстве.....	379
<i>Кондратьева Н.П., Шишов А.А., Большин Р.Г.</i> Организация рабочего места оператора ЭВМ в полевых условиях на объектах ЖКХ.....	384

<i>Коньжов К.В., Минибаев А.И.</i> Описание и принцип работы теплового пункта	387
<i>Курочкин И.С., Акбиров Р.И.</i> Нерациональное использование попутного нефтяного газа как основная проблема нефтеподготовительных объектов.....	390
<i>Кутилина К.А., Власов С.М.</i> Фильтрация воды в ЖКХ	392
<i>Мавлеев Р.Р., Сафаров И.М.</i> Добавление новейших технологий анализа и оповещений в действующую MES систему	395
<i>Макуева Д.А., Разакова Р.И.</i> Анализ современного положения и перспектив развития водородных заправочных станций	399
<i>Миннихметов А.М., Сафаров И.М., Сафин М.А.</i> Применение искусственного интеллекта в строительстве	402
<i>Сидоров М.В., Карачурин Б.Р., Саитов С.Р.</i> Проблема сбора и обработки больших данных на примере пиковых часов АО «АТС»	405
<i>Мустахитдинова Ю.А., Зарипова Р.С.</i> Разработка и использование телеграм-ботов в образовательном процессе	408
<i>Мадина Ф.Н., Гузель Р.М.</i> Гибридные мини-ТЭС на биомассе и солнечной энергии для энергоснабжения изолированных потребителей	411
<i>Сатаров А.С., Саитов С.Р.</i> Обзор зарубежных экзотических систем ентилирования помещений	416
<i>Сафаров И.М., Камалов Д.Р., Аскарлов А.Р., Сафин М.А.</i> Перспективы развития электроэнергетики на основе технологии Smart Grid	419
<i>Сергеева А.В., Власова А.Ю.</i> Твердые отложения на внутренней поверхности трубок водогрейных котлов	422
<i>Софронова Т.М., Ахметьянова Г.И., Закиров Р.Н.</i> Способы получения водорода в системах децентрализованного электро- и теплоснабжения.....	426
<i>Афанасьев В.В., Ковалев В.Г., Тарасов В.А., Туманов Ю.А.</i> К вопросу повышения эффективности работы ТЭЦ.....	429
<i>Ковалев В.Г., Афанасьев В.В., Тарасов В.А.</i> Возможности электрошлаковой газификации твердых топлив.....	434
<i>Тарасова М.В., Закиров Р.Н.</i> Топливные элементы для генерации электрической энергии на промышленном предприятии	438
<i>Усманов Р.Р., Закиров Р.Н.</i> Системы энергоснабжения зданий с использованием топливных элементов.....	442
<i>Федулов В.С., Евгеньев И.В.</i> Повышение экономичности теплофикационных паровых турбин	445

<i>Филимонов А.А., Камалиева Р.Ф.</i> Использование наземных роботов для контроля безаварийной работы АЭС	448
<i>Хабидуллина Э.Т., Саитов С.Р.</i> Обеспечение прозрачности начисления платежей за услуги ЖКХ.....	450
<i>Хуснутдинова А.Р., Зиганшин М.Г.</i> Цифровое информационное моделирование зданий на основе по Revit и Renga.....	453
<i>Чиркова Д.М., Валиуллина Д.М.</i> Цифровая подстанция	456
<i>Шайхуллин У.Р., Зарипова Р.С.</i> Разработка методики и информационной системы расчета оптимального маршрута трубопроводной сети системы теплоснабжения	459
<i>Шайхутдинов Я.О., Власов С.М., Марзоева И.В.</i> Пути повышения эффективности использования бассейна выдержки АЭС на основе зарубежных и отечественных разработок.....	463

Направление 4. АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

<i>Ахтямова А.А., Завада Г.В.</i> Инженерного образования режим дня студента как средство адаптации первокурсника к обучению в вузе	466
<i>Барковская М.М., Гладковский В.И., Савчук О.Ф.</i> Формирование инженерного мышления у студентов на примере решения комплексных задач по физике.....	470
<i>Будникова И.К.</i> Самостоятельная работа обучающихся в условиях цифровой трансформации образования	473
<i>Будникова И.К.</i> Информационные технологии при изучении дисциплины «Теория вероятностей и математическая статистика».....	477
<i>Валеев А.И.</i> Методы преподавания профильных дисциплин в высших учебных заведениях инженерного образования	481
<i>Ворсин Н.Н., Величко Л.А., Кушнер Т.Л.</i> Методика лабораторной работы «Изучение термоэлектрических явлений».....	484
<i>Гайнутдинова Д.Ф.</i> Инварианты компетенций инженера	487
<i>Гильмутдинова З.А., Слесаренко З.Р.</i> К вопросу о буллинге в молодежной среде (на примере студентов первого курса КГЭУ).....	490
<i>Гладковский В.И., Пинчук А.И., Кушнер Т.Л.</i> Рейтинговая оценка знаний и компетенций обучающихся по физике как фактор повышения качества инженерного образования	494
<i>Зайцева М.В., Слесаренко З.Р.</i> Технофобия в современном мире	497

<i>Зялаева Р.Г., Гарифуллина Р.Р.</i> Понятийные категории «интеграция» и «синтез» в образовании и их соотношение	501
<i>Коньжов К.В., Богданова Н.В.</i> Метрология как инфранаука	504
<i>Курмашова А.Р., Завада Г.В.</i> Учебная коммуникация студентов средствами социальных сетей.....	507
<i>Куценко С.М., Малацион С.Ф.</i> Обеспечение безопасности обучающихся при помощи интернет вещей	510
<i>Львова Т.Н., Мухаметгалеев Т.Х.</i> Применение пакета «Wolfram Mathematica» для определения надежности многокомпонентной системы	514
<i>Малацион С.Ф., Куценко С.М.</i> К вопросу качества знаний по физике у студентов первого курса.....	519
<i>Миронова Е.А.</i> Содержательные и временные аспекты опережающей инженерной подготовки в области цифровизации	523
<i>Мубаракшина Р.Р.</i> Роль профессиональной подготовки студентов для энергетической отрасли.....	527
<i>Мубаракшина Р.Р.</i> Современные методы и подходы повышения уровня инженерного образования	530
<i>Мусин Д.Т.</i> Учебный курс в LMS Moodle	533
<i>Мымрина М.А., Слесаренко З.Р.</i> Эмоциональная нестабильность студенческой молодежи в условиях образовательного учреждения	536
<i>Нассер М.Г., Слесаренко З.Р.</i> Первая в мире финансовая пирамида и вклад исаака ньютона в мировую экономику	540
<i>Нуриахметова Ф.М.</i> Нравственный аспект цифровой трансформации инженерного образования	544
<i>Прец М.А., Рукавишников В.А.</i> Особенности изучения технологии обратного проектирования при подготовке специалистов для цифровой экономики	548
<i>Прокон Г.С., Хисматуллин А.С.</i> Проблема высшего инженерного образования в наше время.....	551
<i>Романова Л.М.</i> Содержание программы дисциплины по формированию компетенции самоорганизации и саморазвития у студентов вузов.....	554
<i>Рукавишников В.А., Прец М.А.</i> Образование и 3D цифровая промышленная революция.....	560
<i>Сафаров И.М., Баймурзин А.Х., Сафин М.А.</i> Технологии VR и AR в обучении инженерных кадров	563

<i>Сафина К.И., Зарипова Р.С.</i> Человек и цифровая реальность	566
<i>Селезнев Д.К., Пелевин О.В.</i> Анализ трендов по инвестиционным площадкам в мировой практике.....	570
<i>Селезнев Д.К., Пелевин О.В.</i> О мониторинге законодательства в сфере организации пассажирских перевозок в Республике Татарстан	574
<i>Селезнев Д.К., Пелевин О.В.</i> Агломерации как перспективный тренд развития муниципалитетов Республики Татарстан (на примере Казанской агломерации).....	575
<i>Слесаренко З.Р.</i> История развития техники в инженерном образовании	580
<i>Тазтдинова О.Ю., Шарипов И.И.</i> Отечественные системы автоматизированного проектирования как альтернатива Autodesk Inventor	584
<i>Торкунова Ю.В.</i> Актуальные вопросы подготовки кадров в сфере искусственного интеллекта	587
<i>Филимонов С.С., Хамитова Д.В.</i> Динамические трёхмерные модели в образовательной деятельности в области энергетики	590
<i>Хамитова Д.В., Филимонов С.С.</i> Широкий спектр возможностей программы Компас-3D.....	593
<i>Хатинова Л.Ф., Шарипов И.И.</i> Роль Компас-3D в приборостроении.....	596
<i>Хусаинова К.Л.</i> Современные международные отношения России и Республики Беларусь в энергетике.....	599
<i>Хуторова Л.М.</i> Методический аспект организации проектной работы студентов ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» в процессе изучения дисциплины «История».....	602

Направление 5. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

<i>Ахметвалеева Л.В., Баганов М.А., Гильфанов К.Х.</i> На объектах ЖКХ и промышленности обработка аналогового сигнала на базе AVR контроллеров.....	605
<i>Бакиров Р.Т.</i> Надежность и точность электромагнитного преобразователя расхода на объектах теплоснабжения.....	608
<i>Вагапов А.И., Галиева Т.Г.</i> Акустический метод мониторинга высоковольтных изоляторов с построением и анализом амплитудно-фазового распределения частичных разрядов	612
<i>Голенищев-Кутузов А.В., Семенников А.В., Харченко С.Б., Аввакумов М.В.</i> Электромагнитный расходомер переменного перепада давления.....	615

<i>Краев Д.В., Абусажитов И.Р.</i> Проблемы определения метрологических характеристик средств измерений при синхронизации с эталоном по цифровому каналу.....	618
<i>Маслов С.Ю., Хамидуллин И.Н.</i> Датчики мониторинга параметров ВЛЭП.....	621
<i>Маслов С.Ю., Хамидуллин И.Н., Когеткова А.А.</i> Использование технологии 3Д печати для системы мобильной плавки гололедообразования.....	624
<i>Шабалин А.С.</i> Оценка факторов, влияющих на метрологические характеристики кориолисовых расходомеров	627
<i>Шабалина О.К.</i> Моделирование утечек жидкости в трубопоршневых поверочных установках	630

Направление 6. СВЕТОТЕХНИКА

<i>Ахмадуллин Д.И., Шириев Р.Р.</i> Светильник совмещенного освещения....	634
<i>Аирятов А.А.</i> Исследование влияния оптических элементов светодиодной лампы-ретрофита на ее световые параметры	637
<i>Баюшкина И.А., Горбунов А.А.</i> Аварийное освещение. Исследование характеристик люминесцентного аварийного светильника для общественных помещений.....	640
<i>Васина А.Ю., Тукшаитов Р.Х.</i> Исследование распределения удельной цены в зависимости от потребляемой мощности осветительного прибора.....	644
<i>Востриков Д.Ю., Лепешкин Н.С., Сандаков В.Д.</i> Принцип работы автоматического светомузыкального устройства.....	648
<i>Гатунов Л.И., Тукшаитов Р.Х.</i> Сравнение показаний двух ИК-термометров при измерении температуры металлических элементов светодиодных осветительных приборов.....	650
<i>Гильманов Д.Л.</i> Применение бустерного конвертора для устранения генерации гармоник тока энергосберегающих ламп.....	654
<i>Журавлева Ю.А., Коваленко О.Ю., Микаева С.А., Чуваткина Т.А.</i> Исследование спектральных характеристик филаментных ламп.....	657
<i>Журавлева Ю.А., Микаева С.А.</i> Исследование параметров диммируемой светодиодной лампы фирмы Smurtbody.....	661

<i>Калимуллин А.Р., Фетисов Л.В.</i> Проектирование автоматизированной системы управления энергоснабжением освещения жилых зданий	664
<i>Махмудов И.Ш.</i> Микроконтроллерное устройство управления моечной машиной для гибких эндоскопов.....	667
<i>Нестеркина Н.П., Олейник И.А.</i> О влиянии форм-фактора светодиодных ламп на характер их светораспределения	672
<i>Тукшаитов Р.Х., Новосельский В.Г., Мусин Д.Т.</i> О параметрах необходимых для обстоятельной характеристики осветительных приборов. Анализ на примере аэродромного посадочного прожектора с предельной потребляемой мощностью 1800 Вт	675
<i>Чепайкин М.О., Шириев Р.Р.</i> Использование энергии ветра для аварийного питания промышленных объектов и электроосвещения.....	679
<i>Шириев Р.Р.</i> Качество и надежность светильников уличного освещения....	682

Направление 7. ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В СФЕРЕ ЖКХ

<i>Абдуллина Л.В., Денисова А.Р.</i> BIM-проектирование в частном домостроении	685
<i>Багмут В.С., Фахрутдинов А.Ю.</i> Возможности будущего развития и внедрения концепции «Умного города» в сфере ЖКХ в городах России	690
<i>Бакирова Р.Р., Денисова А.Р.</i> Интеллектуальные системы управления уличным освещением.....	693
<i>Баранова В.С., Саитов С.Р.</i> Просьюмерство как способ энергосбережения в ЖКХ	698
<i>Бережной Я.А.</i> Основные критерии усовершенствования систем электроснабжения	701
<i>Брехов Е.В., Фетисов Л.В.</i> Использование автоматной системы теплоснабжения с целью повышения энергосбережения в сфере ЖКХ.....	704
<i>Валеев А.И.</i> Теплоснабжение жилых помещений с использованием нетрадиционных источников энергии.....	707
<i>Волков В.В., Ивуков Д.Р., Ахмедова О.О.</i> Повышение эффективности и снижение энергозатрат локальных очистных сооружений вторичного использования сточных вод	710

<i>Гадельшина В.Р., Роженцова Н.В.</i> Реверсивные светофоры как интеллектуальное управление дорожным движением.....	713
<i>Гурлихина Ю.С., Денисова А.Р.</i> Разработка системы позиционирования солнечных панелей с использованием языков стандарта МЭК61131-3....	716
<i>Карташов Д.Л., Денисова А.Р.</i> Интеллектуальная система диагностики силовых трансформаторов	719
<i>Мальцев И.С.</i> Очистка воздуха методом ионизации	722
<i>Мартынов Д.С., Ширьев Р.Р.</i> О проблеме повышения эффективности ТЭЦ.....	724
<i>Мубаракшина Р.Р.</i> Современные тенденции использования энергосберегающих технологий в жилищно-коммунальном комплексе.....	727
<i>Родионов О.В., Денисова А.Р.</i> Внедрение технологий бестопливной генерации электроэнергии на газораспределительных станциях	730
<i>Рудаков А.И., Антрашитов Д.С.</i> Автоматизация процесса переработки биоотходов и получения биогаза в малогабаритных биогазовых установках.....	734
<i>Рудаков А.И., Баданов К.А.</i> Повышение эффективности вертикальных гибридных солнечно-ветровых электроустановок на базе возобновляемых источников энергии.....	738
<i>Сандаков В.Д., Садыкова Л.Р.</i> Особенности влияния температуры и давления на процесс наработки химически активных частиц для очистки воздушной среды помещений	741
<i>Сандаков В.Д., Фахрутдинова Т.И.</i> Повышение эффективности развития живых организмов водной среды электрофизическими способами наработки аэроионов	744
<i>Семенова О.Д.</i> Проблема высших гармоник в системах электроснабжения жилых и административных зданий.....	747
<i>Серета Н.В.</i> Эффективность внедрения энергосберегающих технологий в области электроснабжения объектов ЖКХ.....	752
<i>Сиразева А.Л., Зарипова Р.С.</i> Обеспечение энергосбережения и повышения энергетической эффективности в жилищном фонде	756
<i>Фахрутдинова Т.И., Сандаков В.Д.</i> Влияние ионизации воздушной и водной среды на повышение качества рыбной продукции	759
<i>Фетисов Л.В., Мурзин Э.С.</i> Регуляторы давления в системе водоснабжения	761

<i>Фетисов Л.В., Фахерлегаянов Р.Р., Рычков Е.В.</i> Проектирование систем антиобледенения кровель зданий	764
<i>Фролова М.А., Ахмедова О.О.</i> Использование цифровых технологий для диагностики воздушных линий распределительных сетей	766
<i>Чепайкин М.О., Шириев Р.Р.</i> 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**

<i>Алексеев Е.В.</i> Исследование характеристик трансформаторного масла	772
<i>Атрашенко О.С., Былинкин Я.Ю., Тульчинский Д.С.</i> Неразрушающий метод ультразвукового контроля изоляторов.....	776
<i>Афлятунова Л.Г.</i> Разработка моделей живучести технологических процессов нефтехимического производства при возмущениях в сети 110 кВ	779
<i>Сафаров И.М., Васина А.Ю., Хусаинов А.А.</i> Повышение эффективности работы биогазовой установки путем внедрения системы автоматического поддержания рабочей температуры в метантанках.....	782
<i>Васина А.Ю., Сафин М.А.</i> Проблемы и перспективы применения концепции интеллектуальных систем Smart-Grid на электрических подстанциях	785
<i>Гайфуллин И.И., Муратаева Г.А.</i> Совершенствование методики проектирования схем РЭС ЛЭП для питания потребителей	788
<i>Галимов Р.Р., Чугунова В.Ю.</i> Бесконтактные методы выявления неисправностей изоляторов воздушных линий	791
<i>Галимова А.М., Куракина О.Е.</i> Применение SCADA в системах электро-снабжения	794
<i>Гарифуллин Р.Р., Павлов А.Э., Черепенькин И.В., Павлов П.П.</i> Отказы в контактной сети городского электрического транспорта	797
<i>Гервасьева Ю.Р., Максимов В.В.</i> Моделирование токопроводящих шин с помощью программного комплекса Comsol Multiphysics	800

<i>Зиятдинов А.А., Захарова Е.В., Сафаров И.М., Сафин М.А.</i> Анализ перспективы и возможностей импортозамещения на объектах нефтеперерабатывающих промышленности	803
<i>Иванов Р.Г.</i> Определение места повреждения на линиях электропередачи по параметрам аварийного режима	806
<i>Иксанова Э.Р., Валиуллина Д.М., Козлов В.К.</i> Диагностика трансформаторного масла	809
<i>Маклецов А.М., Казка М.В., Лыу Куок Кыонг.</i> Симметрирование фазных токов и напряжений в сетях 0,4 кВ.....	812
<i>Каримов Р.И., Козлов А.В., Сафаров И.М., Сафин М.А.</i> Перспективы развития автоматизированных систем контроля и управления пропускными пунктами	815
<i>Козлов А.В., Каримов Р.И., Сафаров И.М., Сафин М.А.</i> Система автоматизации очистки воздуха в промышленных помещениях	818
<i>Латыпов Д.Э., Валиуллина Д.М.</i> Методы диагностики, мониторинга, анализа и идентификации трансформаторных масел.....	821
<i>Махмутов А.Д., Ваганов Г.В.</i> Вибродиагностика опор воздушных линий электропередач	824
<i>Махмутов А.Д., Ваганов Г.В.</i> Конструкция датчика виброперемещения для производства неразрушающего контроля.....	827
<i>Махмутов А.Д., Ваганов Г.В.</i> Вибродиагностика линий электропередач.....	830
<i>Минанхузин И.И., Сабитов А.Х., Ахметов А.Р.</i> Важность применения современных систем грозопеленгации при проектировании молниезащиты ВЛ 6–750 кВ	833
<i>Минанхузин И.И., Сабитов А.Х., Ахметов А.Р.</i> Анализ эксплуатационных свойств трансформаторного масла и синтетической диэлектрической жидкости	836
<i>Мустафин Р.Г., Касимов В.А.</i> Применение технологии синхронизированных векторных измерений для выполнения функций релейной защиты	839
<i>Мухаметшин Р.Р., Сидоров А.Е.</i> Разработка автоматизированной системы управления электроснабжением потребителя комплекса «Toshiba H2ONE» с использованием языков стандарта МЭК 61131-3	843
<i>Наумов А.А.</i> Выбор защитной противообледелительной жидкости.....	846

<i>Нурмиев И.И., Хуснуллин А.А., Сафаров И.М., Сафин М.А.</i> Сравнительный анализ использования шагового двигателя и сервомотора в станках с числовым программным управлением.....	850
<i>Павлов Д.В., Сандаков В.Д.</i> Процесс заряда аккумуляторных батарей.....	852
<i>Проконьев М.И., Сагдеев Р.Р., Муратаева Г.А.</i> Автоматическое управление электроэнергетическими системами	855
<i>Рамазанова Р.И.</i> Гибридный энергетический комплекс на основе ВИЭ для развития электроснабжения регионов севера.....	858
<i>Сабитов Ш.К.</i> Сравнение зависимости электропроводности от концентрации водных растворов в некоторых соединениях	861
<i>Сагитов А.Р., Гарифуллин М.Ш.</i> Перспективность применения искусственных нейросетей в современной электроэнергетике	864
<i>Соловьев Р.А., Гарифуллин М.Ш.</i> Параметрическая диагностика и оценка состояния газотурбинных энергетических установок с использованием SCADA-технологий и имитационного моделирования.....	867
<i>Третьякова Е.В., Маклецов А.М.</i> Современные подходы к реконструкции распределительных устройств.....	872
<i>Фаизов Н.Н.</i> SCADA TRACE MODE в системе учёта энергоносителей на территории Казани	874
<i>Фаизов Н.Н.</i> Контроль и учёт электроэнергии с использованием дистанционного электросчётчика.....	877
<i>Фаизов Н.Н.</i> Контроль и автоматизация потерь электроэнергии	880
<i>Фролова М.А., Ахмедова О.О.</i> Использование цифровых технологий для диагностики воздушных линий распределительных сетей	883
<i>Хазиев И.Н., Сабитов А.Х.</i> Обнаружение мест повреждений на воздушных линиях электропередачи напряжением 110 кВ и выше	886
<i>Хазиев И.Н., Сабитов А.Х.</i> Защита высоковольтных подстанций от импульсных перенапряжений.....	890
<i>Хамидуллин И.И., Наумов О.В.</i> Эксплуатация и перспективы развития электроэнергетических систем. Контроль, автоматизация и диагностика ...	893
<i>Черепенькин И.В., Павлов А.Э., Гарифуллин Р.Р., Павлов П.П.</i> Методы прогнозирования технического состояния электротехнического оборудования систем электрического транспорта.....	896
<i>Чиркова Д.М., Валиуллина Д.М.</i> Цифровая подстанция	899

<i>Шарафутдинов А.Н., Валиуллина Д.М.</i> Импортозамещение в сфере электроэнергетики.....	902
<i>Шаринов Б.Ф., Максимов В.В.</i> Система бесперебойного электроснабжения газораспределительной станции при помощи электрической детандерной установки.....	905
<i>Шаринова А.Р., Воркунов О.В.</i> Трансформаторное масло и его свойства как диэлектрика	908
<i>Шаринова А.Р., Воркунов О.В.</i> Трансформаторное масло и способы его очистки.....	910

Направление 9. ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ В ЖКХ

<i>Аверьянова А.А.</i> Сравнение методов и подходов анализа энергетической эффективности	913
<i>Акбиров Р.И., Курочкин И.С., Измайлова Е.В.</i> Повышение энергетической эффективности печи косвенного нагрева нефти	916
<i>Анпилогов Л.Д.</i> Отопительная система с использованием теплового насоса и солнечного коллектора.....	918
<i>Борисов А.Р.</i> Особенности применения солнечных коллекторов.....	921
<i>Будникова И.К., Багманова А.А.</i> Прогнозирование режимов теплопотребления в ЖКХ	923
<i>Валеев А.И.</i> Теплоснабжение жилых помещений с использованием нетрадиционных источников энергии	927
<i>Ведерникова К.О., Кесель Б.А., Кесель Л.Г., Смирнова А.С.</i> Повышение энергоэффективности роторного теплогенератора для систем автономного теплоснабжения	930
<i>Ведерникова К.О., Кесель Б.А., Кесель Л.Г., Смирнова А.С.</i> Сравнительные испытания традиционного роторного теплогенератора и роторного теплогенератора с повышенной кавитацией для систем автономного теплоснабжения.....	934
<i>Галимова А.Р., Гапоненко С.О., Кондратьев А.Е.</i> Эффективность применения виброакустического метода контроля для оценки технического состояния трубопроводов ЖКХ.....	937
<i>Гарнышова Е.В., Измайлова Е.В., Ваньков Ю.В.</i> Закономерность изменения собственных частот колебаний трубопроводов при нагружении давлением.....	940

<i>Гатауллина И.М.</i> Особенности расчета собственных колебаний энергетических трубопроводов	943
<i>Гатауллина И.М.</i> Вибрационная диагностика энергетических трубопроводов	946
<i>Гафиатуллина К.Р., Крайков М.Д., Ваньков Ю.В.</i> Модель многослойной теплоизоляции на основе композита из аэрогеля	949
<i>Гервасьева Ю.Р., Максимов В.В.</i> Моделирование токопроводящих шин с помощью программного комплекса Comsol Multiphysics.....	952
<i>Даутов Р.Р., Кондратьев А.Е.</i> Особенности применения теплонасосных отопительных систем в условиях России.....	955
<i>Зайцева А.А.</i> Особенности конструкции геотермальных станций	958
<i>Зубаирова А.Р., Тюлькина В.Г., Бондарева Е.О.</i> Улучшение конструктива промышленных жаротрубных водогрейных и паровых котлов	961
<i>Кабатьева А.Ю.</i> Применение попутного газа в качестве энергоносителя	965
<i>Кондратьев А.Е.</i> Особенности утилизации свалочного газа в системе теплоснабжения	968
<i>Коньжов К.В, Политова Т.О.</i> Проблемы энергетики. Некоторые пути решения проблем современной энергетики	971
<i>Крайков М.Д., Гафиатуллина К.Р., Ваньков Ю.В.</i> Перспектива применения многослойной теплоизоляции на основе композита из аэрогеля.....	974
<i>Куницкий В.А.</i> Этапы разработки методики проектирования утилизационного теплообменного аппарата.....	977
<i>Макарова А.Р., Ваньков Ю.В.</i> Инновационные материалы на основе аэрогеля в теплоснабжении	979
<i>Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е.</i> Ресурсосбережение путем использования биотехнологий.....	982
<i>Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е.</i> Конструктивные особенности биогазовых установок.....	985
<i>Мустафина Г.Р., Кондратьев А.Е.</i> Экономическое обоснование производства биогаза	989
<i>Новосельцева Е.С., Саитов С.Р.</i> Определение оптимальной температуры для жилых помещений	992

<i>Пономарев Р.А., Ваньков Ю.В.</i> Экспериментальная нагревательная установка плоского типа	995
<i>Пономарев Р.А., Ваньков Ю.В.</i> Подключение нескольких термопар К-типа к Arduino Uno	998
<i>Сабиров И.М., Черный А.А., Янайкин Н.М., Звонарева Ю.Н.</i> Снижение эксплуатационных затрат на отопление бытовых корпусов	1001
<i>Федотова А.О., Ваньков Ю.В.</i> Разновидности аккумуляторов теплоты на основе фазового перехода	1004
<i>Хамидуллина Д.И., Саитов С.Р.</i> Механизмы управления спросом потребителей электроэнергии.....	1007
<i>Черный А.А., Сабиров И.М., Янайкин Н.М., Звонарева Ю.Н.</i> Подогрев воздуха горения на печах за счет рекуперации тепла дымовых газов	1010
<i>Якупова И.Д.</i> Применение вибрационных колебаний для оценки технического состояния энергетических коммуникаций.....	1014
<i>Якупова И.Д.</i> 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



9 785898 735937