



КГЭУ

**ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2024
«ЭНЕРГЕТИКА И ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ»**

**Международная молодежная научная конференция
(Казань, 24–26 апреля 2024 г.)**

Материалы конференции

В томах

ТОМ 1



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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

**ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2024 «ЭНЕРГЕТИКА И
ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ»**

Международная молодежная научная конференция
(Казань, 24-26 апреля 2024 г.)

Электронный сборник статей по материалам конференции

В четырех томах

ТОМ 1

*Под общей редакцией ректора КГЭУ
Э. Ю. Абдуллазянова*

Казань 2024

УДК 621.311+51+53+620.22+502+614.8+620.92

ББК 31+32+22+68.9+38.9

М43

Рецензенты:

профессор ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ»,
доктор технических наук, доцент К. В. Суслов;

проректор по РиИ ФГБОУ ВО «КГЭУ»,
доктор технических наук, доцент И. Г. Ахметова

Редакционная коллегия:

Э. Ю. Абдуллазянов (гл. редактор); И. Г. Ахметова (зам. гл. редактора),
Д.А. Ганеева

М43 Международная молодежная научная конференция
«Тинчуринские чтения – 2024 «Энергетика и цифровая
трансформация»: электронный сборник статей по материалам
конференции: [в 4 томах] / под общей редакцией ректора КГЭУ
Э. Ю. Абдуллазянова. – Казань: КГЭУ, 2024. – Т. 1. – 767 с.

ISBN 978-5-89873-663-7 (общий)

ISBN 978-5-89873-664-4 (т. 1)

В электронном сборнике представлены статьи по материалам Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения – 2024 «Энергетика и цифровая трансформация», в которых изложены результаты научно-исследовательской работы молодых ученых, аспирантов и студентов по проблемам в области тепло-и электроэнергетики, ресурсосберегающих технологий в энергетике, энергомашиностроения, инженерной экологии, электромеханики и электропривода, фундаментальной физики, современной электроники и компьютерных информационных технологий, экономики, социологии, истории и философии.

Предназначены для научных работников, аспирантов и специалистов, работающих в сфере энергетики, а также для студентов вузов энергетического профиля.

Статьи публикуются в авторской редакции. Ответственность за содержание статей возлагается на авторов.

УДК 621.311+51+53+620.22+502+614.8+620.92

ББК 31+32+22+68.9+38.9

ISBN 978-5-89873-663-7 (общий)

© КГЭУ, 2024

ISBN 978-5-89873-664-4 (т. 1)

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

СЕКЦИЯ 1. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ, НАДЕЖНОСТЬ, ДИАГНОСТИКА

УДК 621.314.212

АНАЛИЗ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

Абдуллаев Абдувохид Абдугаффар угли¹, Кобилов Миродил Хамиджон угли²

Науч. рук. к.т.н. Туйчиев Зафаржон Зокирович

¹ Ферганского политехнического института, Фергана, Узбекистан

²Ташкентского государственного технического университета, Кокандский филиал имени Ислома Каримова, Фергана, Узбекистан

¹a.abdullayev@ferpi.uz, ²m.qobilov@ferpi.uz

В данной статье рассматривается роль силовых трансформаторов в современной энергосистеме. Проанализирована литература о факторах, влияющих на повреждение силового трансформатора, а также дан анализ мощности и повреждений силового трансформатора в 2022 и 2023 годах в режиме эксплуатации напряжением 6(10)/0,4 кВ в городе Маргилон. Разработаны рекомендации по повышению надежности силовых трансформаторов.

Ключевые слова: отказ силового трансформатора, трансформатор различной мощности, поврежденные трансформаторы

ANALYSIS OF POWER TRANSFORMERS IN OPERATION

Abdullaev Abduvokhid A.¹, Kobilov Mirodil K.²,

Scientific advisor Tuychiev Zafarjon Z.

¹ Fergana polytechnic institute, Fergana, Republic of Uzbekistan

²Tashkent State Technical University, Kokand branch, named after Islom Karimov, Fergana, Uzbekistan

¹a.abdullayev@ferpi.uz, ²m.qobilov@ferpi.uz

This article discusses the role of power transformers in today's power system. The literature on the factors influencing the damage of the power transformer was analyzed, and the analysis of the power transformer capacity and damage in 2022 and 2023 in the 6(10)/0.4 kV voltage operation in the city of Margilon was given. Recommendations are developed to improve the reliability of power transformers.

Keywords: power transformer failure, different capacity transformer, damaged transformers

Power transformers are one of the most important components of the power system today. The increase in the world population and the improvement of the population's living conditions due to the development of modern technologies increase the demand of consumers for electricity, which requires the operation of power transformers at a high load level. Operation of power transformers with high loads leads to damage to their integrity due to mechanical, thermal and electrical stresses [1]. Transporting power transformers from one place to another can cause problems in the windings, contacts or cores of the transformers due to seismic activity, mains power failure and other reasons [2,3,4].

Deformation of conductors and partial deterioration of their insulation under the influence of electrodynamic forces generated when a short circuit occurs in the power system is one of the main causes of damage to power transformers [5]. In addition, the problem of insufficient electrodynamic strength of power transformer coils remains relevant today. Accumulated experience in servicing transformers and testing their resistance to forces caused by short-circuit currents shows that one of the main reasons for the loss of electrodynamic stability of a transformer is residual deformations in the direction of axial and radial, displacement of windings, mechanical damage, etc [6].

Systematic analysis and monitoring of power transformers, which are one of the most important electrical devices in the uninterrupted supply of electricity to consumers in the energy system, by types of damage, is one of the most important factors in the reliable operation of transformers and extending their service life.

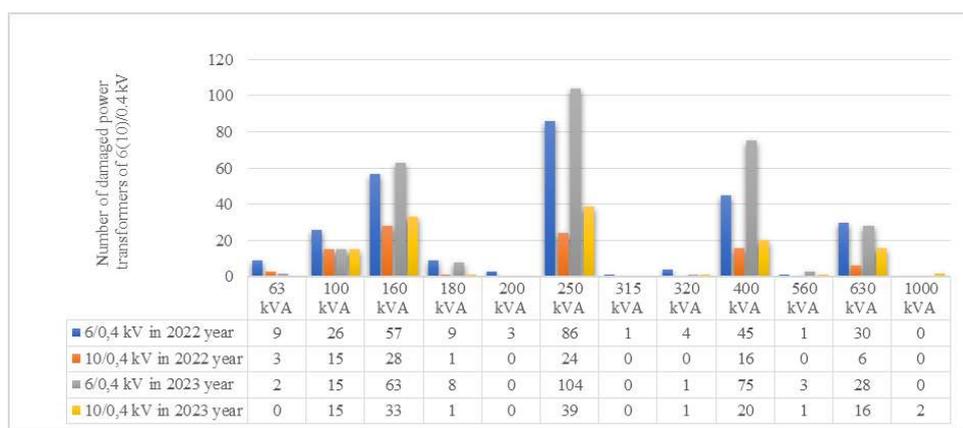


Fig. 1. Analysis of 6(10)/0.4 kV power transformers in operation in Margilan in 2022-2023

Figure shows that the number of 6(10)/0.4 kV voltage power transformers in use in Margilan increased by 10% in 6 /0.4 kv voltage transformers in 2023 compared to 2022, and by 37% in 10/0.4 kV voltage transformers in 2023.

Among the power transformers in use in Margilan city, power transformers with a power of 250 kVA in 6/0.4 kV transformers are 31.7% of the power transformers in general operation, and transformers with a power of 160 kVA in 10/0.4 kV are 30.1% of the total power transformers. As of 2023, these figures were 6/0,4 kV voltage transformers in 250 kVA power transformers 34.8% of total Transformers, 10/0,4 kV voltage transformers in 250 kVA power transformers in 30.5% of total transformers.

According to the results of the conducted statistical analysis, the number of damaged 6(10)/0.4 kV power transformers in the city of Margilon is 61 by the end of 2022, corresponding to 16.8% of the total power transformers. In 2023, this indicator was 41, 11.3% of the total transformers.

In conclusion, power transformer is one of electrical devices that play an important role in the reliable operation of the electric power system, and its failure is influenced by electrodynamic forces formed by factors such as mechanical, electrical heat, chemical. More attention should be paid to power transformers of 160 kVA, 250 kVA and 400 kVA in the work to reduce the number of injuries in power transformers. It is possible to reduce the number of damages by improving the quality of maintenance of power transformers, their timely diagnosis and monitoring, and reducing power limitations.

Reference

1. Tenbohlen, S. (2021). Transformer winding condition assessment using feedforward artificial neural network and frequency response measurements. *Energies*, 14(11), 3227. doi: <https://doi.org/10.3390/en14113227>.
2. IEC60076-18. Measurement of Frequency Response, ED. 10, IEC Std. March 2012; International Electrotechnical Commission: Geneva, Switzerland, 2012.
3. "IEEE Guide for the Application and Interpretation of Frequency Response Analysis for Oil-Immersed Transformers," in IEEE Std C57.149-2012 , vol., no., pp.1-72, 8 March 2013, doi: 10.1109/IEEESTD.2013.6475950.
4. Frequency response analysis on winding deformation of power transformers DL/T 911-2004 (DL/T911-2004; DLT911-2004) - Translated English of Chinese Standard National Development and Reform Commission of the People's Republic of China, China 2004.
5. Павлов А. А. Анализ результатов импульсного дефектографирования активных частей высоковольтных трансформаторов // Магистерской диссертации / Томск – 2021г., с. 107.

6. Афтаев В. И. и др. Методы оценки механического состояния обмоток силовых трансформаторов //Пути реализации Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы. – 2018. – С. 1017-1024.

УДК 621.3.015

О ПРОБЛЕМЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОПН ДЛЯ ЗАЩИТЫ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ В СЕТЯХ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

Бабаев Расим Мирсалам оглы ¹, Коростелев Ян Евгеньевич ²
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Коржов Антон Вениаминович
^{1,2}ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», г. Челябинск, Челябинская область
²АО «Энергия + 21», п. Увельский, Челябинская область
¹asp22brm768@susu.ru, ²iankorostelev@gmail.com

В статье приведено описание проблемы применения ограничителей перенапряжения нелинейных (ОПН) для защиты изоляции кабельных линий (КЛ) определяющейся остаточной электрической прочностью. Рассмотрено влияние режима однофазного замыкания на землю (ОЗЗ) на эксплуатационные характеристики ОПН, определяющие его работу как в нормальном, так и в импульсном режимах.

Ключевые слова: ограничитель перенапряжения, металлооксидный варистор, кабельная линия, изоляция, однофазное замыкание на землю, надежность.

Благодарности: Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-29-10201, <https://rscf.ru/project/23-29-10201/>.

THE PROBLEM OF USING SURGE ARRESTER TO PROTECT CABLE LINES WITH AN UNEARTHED EARTHING SYSTEM

Babayev Rasim M.o. ¹, Korostelev Ian E. ²
Scientific advisor Korzhov Anton V.
^{1,2} SUSU, Chelyabinsk, Chelyabinsk reg.
²“Energy+21” JSC, Uvelskiy village, Chelyabinsk reg.
¹asp22brm768@susu.ru, ²iankorostelev@gmail.com

The article discusses the problem of using surge arresters (SA) to protect the insulation on cable lines (CL), based on their residual electrical strength. The influence of the single-phase earth fault (SPEF) mode on the operational characteristics of the SA, which determine its operation in both normal and pulse modes, is considered.

Keywords: surge arrester, metal oxide varistors, cable line, insulation, single-phase earth fault, reliability.

Acknowledgments: The study was supported by the Russian Science Foundation grant No. № 23-29-10201, <https://rscf.ru/project/23-29-10201/>.

На данный момент широко распространенным средством защиты от перенапряжений является ограничитель перенапряжений (ОПН) на основе металлооксидных варисторов (МОВ). МОВ изготавливаются из оксида цинка легированные оксидами висмута и сурьмы, благодаря чему ОПН имеет резко нелинейную вольт-амперную характеристику (ВАХ) [1, 2]. Стандарт [3] определяет характеристики ОПН, фактически являющиеся характерными точками ВАХ:

– U_{np} – длительно допустимое напряжение, при котором ОПН может находиться неограниченно долгое время;

– $U_n = 1,25 \cdot U_{np}$ – номинальное напряжение, при котором ОПН сохраняет свою работоспособность не менее 10 с.

Номинальное напряжение является одной из точек так называемой характеристики «напряжение–время», пример которой приведен в [4], которая определяет кратность повышения приложенного к ОПН напряжения U_n/U_{np} и время, при котором ОПН может выдержать данную кратность повышенного напряжения. Согласно [3] данная характеристика определяется для ОПН как без предварительного нагружения импульсами, так и с предварительным.

Необходимость определения данной характеристики обусловлена отрицательным температурным коэффициентом МОВ [5]. При нагревании током утечки выделяется джоулева энергия нагрева, при этом температура и проводимость МОВ повышается, что, в свою очередь, увеличивает ток проводимости через МОВ и приводит к еще большему нагреву. Выделяемая мощность рассеивается внешней поверхностью МОВ через конвективный перенос и излучение.

При неизменном приложенном напряжении достигается точка термической стабильности МОВ [2], при которой выделяемая энергия равна рассеиваемой энергии. Если в результате приложения повышенного напряжения рассеиваемая мощность окажется ниже мощности активных потерь, то в итоге повышение тока утечки и температуры МОВ приведет к термическому пробоя. Характеристика «напряжение–время» определяет величину превышения и его длительность, при которых термического пробоя удастся избежать. Данная характеристика используется для выбора значения

$U_{нр}$ ОПН в конкретной линии, учитывая известные кратности и продолжительность квазистационарных перенапряжений.

Таким образом, для обеспечения стойкости ОПН при приложенном длительно допустимом фазном перенапряжении с учетом квазистационарных перенапряжений, необходимо задать как можно большее $U_{нр}$. С другой стороны, уменьшение значения $U_{нр}$ сопровождается уменьшением связанной с ним величины остающегося напряжения, улучшая защитные функции ОПН. Основная трудность подбора ОПН заключается в необходимости обеспечения работоспособности ОПН в двух противоположных режимах – длительно и разрядном.

На практике, для обеспечения эффективной защиты защитное устройство должно одновременно удовлетворять следующим условиям:

1. Защитная функция устройства должна удовлетворять соотношению $U_{ins} \geq 3,37 \cdot U_{МСОВ}$, где U_{ins} – остаточная импульсная электрическая прочность изоляции в защищаемой точке, $U_{МСОВ}$ – длительно допустимое напряжение ОПН;

2. В установившемся режиме $U_{МСОВ}$ должно удовлетворять требованиям по установке ОПН для данной КЛ.

При невыполнении первого условия велика вероятность пробоя изоляции даже при корректно сработавшем устройстве. Если же не выполняется второе условие, то велика вероятность выхода устройства из строя по причине перегрева

Кроме того, в сетях с изолированной нейтралью, в которых допускается работа в режиме однофазного замыкания на землю (ОЗЗ) величина $U_{МСОВ}$ должна выбираться с учетом повышения фазного напряжения на «здоровых» фазах при ОЗЗ [6, 7], что, в свою очередь также уменьшает защитные свойства устройства. В отечественной практике изоляция подобных сетей заранее рассчитана с учетом подобного повышения и имеет запас по электрической прочности. Поэтому, значение $U_{нр}$ ОПН для защиты изоляции данных сетей также выбирают с учетом повышения фазного напряжения до величины линейного, а дальнейший подбор по защитной характеристике и режимам квазистационарных перенапряжений ведут с учетом данного повышения. Ключевой проблемой является практическая невозможность установки ОПН без учета режима ОЗЗ, что в свою очередь приводит к снижению защитного потенциала устройства.

Источники

1. Kuffel, E. High Voltage Engineering / E. Kuffel, W.S. Zaengl. Oxford: Pergamon Press, 1984. 552 p.
2. He, J. Metal Oxide Varistors. From Microstructure to Macro-Characteristics / J. He. Beijing: Wiley-VCH. Tsinghua University, 2019. 472 p.
3. ГОСТ Р 52725. Ограничители перенапряжений нелинейные для электроустановок переменного тока напряжением от 3 до 750 кВ. Общие технические условия. Москва: Стандартинформ, 2007. 37 с.
4. Ограничители перенапряжений типов ОПН и МОПН для сетей 6 кВ // Завод энергозащитных устройств [Электронный ресурс]. <https://opnzeu.ru/opn/opn-mopn-6.html> (дата обращения: 21.02.2024).
5. Zhou, Q. Numerical modelling of MOV with Voronoi network and finite element method / Q. Zhou, H. Yang, X. Huang, M. Wang, X. Ren // High Voltage. 2021. Vol. 6, No. 4. P. 711–717.
6. Евдокунин, Г.А. Внутренние перенапряжения в сетях 6-35 кВ / Г.А. Евдокунин, С.С. Титенков. Санкт-Петербург: Терция, 2004. 186 с.
7. Гусев, Ю. П. Отказоустойчивость ограничителей перенапряжений нелинейных при однофазных замыканиях на землю / Ю. П. Гусев, С. А. Косарев, Г. Ч. Чо // Энергоэксперт. 2020. № 1(79). С. 40-43.

УДК 621.311.1:621.316

СПОСОБЫ СИММЕТРИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В СЕТЯХ 0,4 КВ

Гараев Ренат Ильназович¹, Гимадов Динар Рафаэлевич², Хамзин Дамир Равилевич³

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Маклецов Александр Михайлович

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹Raide.ryder@bk.ru, ²gimadovdinar@gmail.com, ³damir.khamzin@internet.ru

В данной работе рассмотрены различные способы симметрирования напряжения в распределительных сетях 0,4 кВ. Обозначенная проблема является особенно актуальной, так как постоянно увеличивающееся количество потребителей и величины потребляемой однофазной нагрузки, удлинение линий сетей рассматриваемого класса напряжений ведет к серьезным потерям электроэнергии.

Ключевые слова: несимметрия нагрузок, несимметрия напряжения, снижение несимметрии, потери электроэнергии.

METHODS OF VOLTAGE BALANCING IN 0.4 KV NETWORKS

Garaev Renat I.¹, Gimadov Dinar R.², Khamzin Damir R.³

Scientific advisor Makletsov Aleksandr M.

^{1,2,3}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹Raide.ryder@bk.ru, ²gimadovdinar@gmail.com, ³damir.khamzin@internet.ru

In this paper, various methods of voltage symmetry in 0.4 kV distribution networks are considered. This problem is especially relevant, since the constantly increasing number of consumers and the amount of single-phase load consumed, the lengthening of network lines of the voltage class under consideration leads to serious losses of electricity.

Keywords: load asymmetry, voltage asymmetry, reduction of asymmetry, loss of electricity.

На данный момент для снижения несимметрии напряжений в распределительных сетях 0,4 кВ созданы различные способы, которые можно разделить по принципу действия, дороговизне, эффективности, удобству их применения. Важно отметить, что достижение несимметрии напряжений должно сопровождаться снижением затрат на реализацию и дальнейшую эксплуатацию (рис. 1).



Рис.1. Классификация методов симметрирования напряжений.

Равномерное распределение нагрузок по фазам при проектировании трехфазных четырехпроводных сетей бессмысленно, так как новые потребители льготного технологического присоединения настаивают на

максимально возможной мощности (15 кВт), но не заказывают расчетную, что скрывает максимум потребляемой ими нагрузки. Увеличение единичной мощности бытовых приборов и содержания в ней полупроводниковых элементов – увеличение нелинейной нагрузки оказывают негативное воздействие на качество электроэнергии в сети. Данные факты не позволяют проводить расчет нагрузок с необходимой точностью.

Рассмотрим недостатки методов снижения несимметрии напряжения, представленных на рисунке 1.

Применение замкнутых схем сети. Использование данной схемы позволяет сократить потери мощности и напряжения, снизить уровень несимметрии из-за выравнивания нагрузок отдельных фаз. Однако данный способ имеет следующие недостатки:

- сложность реализации в сельской местности из-за сильной разветвленности сети и наличия неполнофазных участков;
- затруднение реализации защиты от токов короткого замыкания;
- невозможность применения для тупиковых подстанций;
- значительные капиталовложения.

Ручное симметрирование нагрузки. Данный способ заключается в периодическом перераспределении нагрузки в период ее максимума, как правило при жалобах потребителей на качество электроэнергии или не менее одно раза в полгода. Минусы данного способа следующие:

- данная процедура будет иметь максимальный эффект в период максимума потребления, что приходится на вечерние часы, что является нерабочим временем мастеров региональных сетевых компаний;
- ввиду особенности переменной нагрузки результат рассматриваемых переключений имеет переменный успех [1,2].

Подводя итог, можем утверждать, что приведенные и рассмотренные способы симметрирования напряжения имеют достаточно сомнительную эффективность, так как не решают главной задачи – определения величины нагрузки каждого потребителя. Исходя из этого можем предположить, что для максимально эффективного симметрирования нагрузки стоит рассмотреть использование автоматизированных систем контроля учета электроэнергии, SCADA-систем. Предложенное решение позволит наблюдать в режиме реального времени потребление электроэнергии на каждой фазе, формировать необходимые управляющие воздействия для переподключения определенных потребителей на другую фазу с целью симметрирования нагрузок на фазы, данный процесс может

быть автоматизирован. Минусом данного решения являются значительные капиталовложения.

Источники

1. Лыу, К. К. Мониторинг сетей 0,4 кВ / К. К. Лыу // Тинчуриные чтения: Материалы XIV Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 23–26 апреля 2019 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Том 1. Часть 1. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2019. – С. 98-101.

2. Сидорова, В. Т. Исследование симметрирования фазных напряжений и нагрузок в активно-адаптивных распределительных электрических сетях / В. Т. Сидорова, С. В. Волков // Вестник Чувашского университета. – 2023. – № 4. – С. 140-150.

УДК: 621.314.21

ВЛИЯНИЕ НАСЫЩЕНИЯ МАГНИТОПРОВОДОВ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ НА ПАРАМЕТРЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Гилязов Салават Рафисович

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. Усачев Александр Евгеньевич

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

gilazov.salavat@yandex.ru

В данном тезисе раскрывается вопрос о влиянии насыщения магнитопроводов силовых трансформаторов на параметры электроэнергии потребителей. Проводилось моделирование работы трансформатора в программной среде Multisim с учётом нелинейности намагничивания при различных типах и параметров нагрузки. Силовой трансформатор замещался Т-образной схемой замещения, где в качестве нагрузки рассматривались подключенные к шинам линии электропередач разной длины. Показано, что заметное влияние на параметры электроэнергии потребителей происходит в случае, когда мощность в нагрузке имеет порядок меньше 1-2 % от мощности силового трансформатора. Эффект насыщения моделировалось изменением индуктивности в вертикальной цепи схемы замещения силового трансформатора.

Ключевые слова: магнитопровод, намагничивание трансформатора, качество электроэнергии.

INFLUENCE OF POWER TRANSFORMER MAGNETIC CORE SATURATION ON CONSUMER POWER PARAMETERS

Gilazov Salavat R.

Scientific advisor Usachev Aleksandr E.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

gilazov.salavat@yandex.ru

This thesis reveals the issue of the influence of saturation of power transformer magnetic cores on consumer electric power parameters. Modeling of transformer operation in Multisim software environment was carried out taking into account nonlinearity of magnetization at different types and parameters of load. The power transformer was replaced by a T-shaped substitution scheme, where as a load were considered connected to the busbars of power lines of different lengths. It is shown that a noticeable influence on the power parameters of consumers occurs when the power in the load is of the order of less than 1-2 % of the power transformer capacity. The saturation effect was modeled by changing the inductance in the vertical circuit of the substitution scheme of the power transformer.

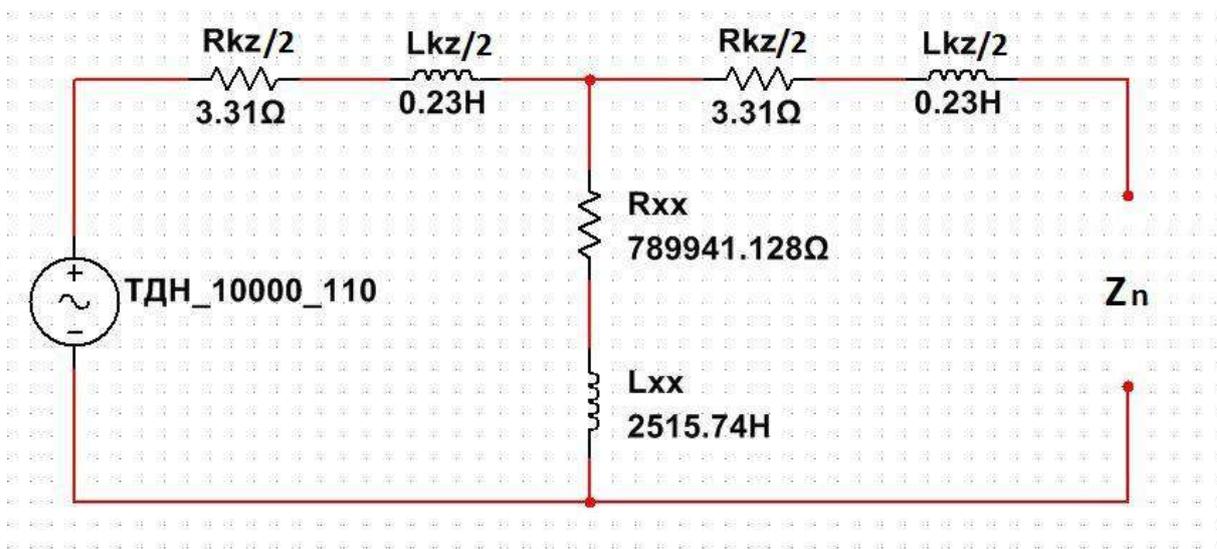
Keywords: magnetic conductor, transformer magnetization, power quality.

В отечественной литературе не в полной мере раскрыт вопрос влияния процесса намагничивания магнитопровода силовых трансформаторов (СТ) на характеристики электроэнергии. В ряде работ для упрощения анализа влияния процессов насыщения СТ заменялся катушкой индуктивности [1], что кажется принципиально неверным. Общеизвестная схема замещения трансформатора имеет Т-образный вид (см. рисунок), а процессы насыщения магнитопровода должны приводить к изменению индуктивности не в горизонтальной, а в вертикальной цепи схемы замещения СТ, как в случае с дросселем. В связи с этим, являются актуальными моделирование эффекта насыщения магнитопровода СТ и его влияние на характеристики электроэнергии потребителей [2].

В качестве объекта моделирования был взят трансформатор ТДН-10000/110 на одной из подстанций филиала АО «Сетевая компания» Приволжских электрических сетей с целью последующего сравнения полученных модельных результатов с реальными параметрами. По паспортным данным были вычислены параметры схемы замещения, где:

- R_{kz} , L_{kz} - активное сопротивление и индуктивность СТ при коротком замыкании ($Z_H=0$);

- R_{xx} , L_{xx} – активное сопротивление и индуктивность трансформатора в режиме холостого хода ($Z_N = \infty$).



Т-образная схема замещения силового трансформатора

При моделировании [3] нагрузка Z_N принималась активная, ёмкостная и индуктивная в диапазоне 0,5 ÷ 100 % от мощности СТ. Измерялось напряжение, фаза тока и напряжения в нагрузке по отношению к питающему напряжению. Насыщение магнитопровода (гистерезис намагниченности) имитировались подключением и отключением в вертикальной ветви рис.1 параллельно L_{xx} такой дополнительной индуктивности, что суммарная индуктивность составляла 2,5 Гн, что соответствует относительной магнитной проницаемости $\mu=1$. В результате моделирования было установлено, что какого-либо изменения параметров электроэнергии потребителей при нагрузках с мощностью более 1,5% от мощности СТ не наблюдается, что входит в противоречие с результатами моделирования по упрощенной схеме с заменой СТ на дроссель.

В результате проведенного моделирования были сделаны выводы: Насыщение не сказывается при нагрузках, с мощностью выше 1,5% от мощности трансформатора. При меньших нагрузках, наблюдалось увеличение напряжения, а величина перенапряжения достигала 2,5 кратного значения.

Источники

1. Зилес Л.Д. О подавлении феррорезонанса трансформаторов напряжения 110 500 кВ. – Электричество, 1986, №12.
2. Карташев И.И. и др. Управление качеством электроэнергии. М.: Издат. дом МЭИ, 2006.
3. Евдокунин Г. А., Дмитриев М. В. Трансформаторы в электрической сети. Моделирование переходных процессов с учетом конфигурации магнитной системы // Новости ЭлектроТехники. 2008, № 5. С. 48–53.

УДК 004.896

ВНЕДРЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ СЕКТОРЕ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Гиматдинов Руслан Рафаилович

Науч. рук. старший преподаватель каф. ТОЭ Ерашова Юлия Николаевна

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

ruhusruhum@gmail.com

Статья посвящена литературному обзору применения технологий искусственного интеллекта (ИИ) и цифровых двойников в электроэнергетике. Рассмотрены ключевые работы в рамках темы исследования, проведен детальный разбор имеющейся научной информации с целью аналитической оценки проблемных мест.

Ключевые слова: искусственный интеллект, цифровые двойники, электроэнергетика

INTRODUCTION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND DIGITAL TWINS IN THE ENERGY SECTOR OF INDUSTRY

Gimatdinov Ruslan R.

Scientific advisor Erashova Yulia N.

¹KSPEU, Kazan, Russia

ruhusruhum@gmail.com

The article is devoted to a literary review of the use of artificial intelligence (AI) and digital twin technologies in the electric power industry. The key works within the framework

of the research topic were considered, a detailed analysis of the available scientific information was carried out in order to analytically assess problem areas.

Keywords: artificial intelligence, digital twin, electric power industry.

В современной энергетической отрасли существуют серьезные проблемы, связанные с быстрым ростом рынка. Управление и мониторинг кабельных соединений линий становится все сложнее даже при активном внедрении новых технологий. Для крупных энергетических предприятий критически важен сбор и анализ данных, однако с увеличением объема информации возникает проблема длительного времени, затрачиваемого на анализ, что может привести к авариям и сбоям в работе систем.

Кроме того, из-за проблем с поставками и отсутствия на рынке иностранных продуктов становится необходимым ускоренное развитие и увеличение производства в России устройств, которые могли бы стать более доступными альтернативами зарубежным продуктам.

Ключевые направления энергетической стратегии Российской Федерации до 2035 года включают в себя развитие внутренней энергетической инфраструктуры, повышение доступности и качества энергетических услуг. Особое внимание уделяется обеспечению безопасности и экологической устойчивости в энергетике, повышению энергетической и бюджетной эффективности. Эти стратегические ориентиры открывают перед отечественными предприятиями новые возможности для развития в различных отраслях, включая производство электротехнических устройств.

Современные ученые и специалисты активно занимаются исследованиями и практическим применением технологий искусственного интеллекта и цифровых двойников в электроэнергетике. Это направление вызывает значительный интерес и поддержку со стороны общества и индустрии, что ожидается приведет к значительным результатам и активному развитию в данной области.

В условиях широкомасштабной цифровизации, автоматизации и «умного» подхода, традиционные принципы энергетики претерпевают значительные изменения и эволюцию благодаря появлению новых технологий. Одной из таких передовых технологий является концепция «цифрового двойника». Этот инструмент способен проводить анализ обширных данных о конкретном объекте, системе или процессе не только для выявления скрытых закономерностей, но и для точного обнаружения даже мельчайших отклонений в работе объекта/системы или изменениях в

физическом процессе. Это происходит на стадии, когда подобные отклонения еще не оказывают значительного воздействия на характеристики объекта или процесса и не могут быть обнаружены традиционными системами управления и мониторинга.

Использование цифрового двойника на примере проекта АО "НБИ" на «Ново-Салаватской ТЭЦ» является ярким примером применения передовых технологий в энергетической отрасли [1,2].

Этот программно-аппаратный комплекс позволяет сосредоточить основные изменения и затраты на этапе проектирования, что значительно снижает издержки на более поздних этапах жизненного цикла электростанции. Кроме того, алгоритмы искусственного интеллекта успешно применяются в энергетическом секторе для управления энергетическими потоками между различными объектами - домами, предприятиями, аккумуляторами, источниками возобновляемой энергии, микро сетями и системой энергоснабжения в целом [2,3].

Появление технологий, объединяющих искусственный интеллект и цифровые двойники, открывает новые перспективы для энергетики. Цифровые двойники, являющиеся точными моделями энергетических систем, могут быть оптимизированы при помощи алгоритмов искусственного интеллекта. Это позволяет эффективнее использовать ресурсы, уменьшить потери энергии и повысить надежность всей системы. Несмотря на потенциал таких технологий, пока что примеров их практического использования крайне мало [3,4].

Использование технологий искусственного интеллекта (ИИ) и цифровых двойников является ключевым средством для повышения эффективности работы сложного энергоемкого промышленного оборудования, обеспечения надежности электроснабжения, сокращения расходов энергии и уменьшения вероятности аварийных ситуаций, пожаров и коротких замыканий. Эти инновации также способствуют повышению уровня безопасности на предприятиях.

Однако, помимо значительных преимуществ, применение технологий ИИ и цифровых двойников сталкивается с некоторыми проблемами. К числу таких проблем относятся высокие затраты на приобретение необходимого оборудования, а также дефицит квалифицированных специалистов в данной области и недостаточное количество образовательных материалов для подготовки персонала [4,5].

Таким образом, необходимо уделить внимание не только преимуществам, но и проблемам, связанным с использованием

технологий ИИ и цифровых двойников в промышленности, чтобы обеспечить успешную и эффективную интеграцию этих инноваций в производственные процессы.

Источники

1. Технологии цифровых двойников в энергетике. Ерошенко С.А. Хальясмаа А.И// 2020 С. 2-4
2. Цифровые двойники и цифровые тени в электроэнергетике [Электронный ресурс]. <http://digitalsubstation.com/blog/2020/01/25/tsifrovye-dvojniki-i-tsifrovye-teni-v-elektroenergetike/>
3. Искусственный интеллект в электроэнергетике на практике - РЕМОНТКА [Электронный ресурс]. <https://remontka.com/1798-iskusstvennyu-intellekt-v-elektroenergetike/>
4. Smart Grid или умные сети электроснабжения. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.eneca.by/ru_smartgrid0/.
5. Перспективы применения интеллектуальных цифровых технологий в электроэнергетике. А. О. Залюбовский // Студенческий вестник. – 2020. – № 20-13(118). – С. 73-76.

621.311.4-52

ВНЕДРЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СЕТИ: ПУТЬ К ЭФФЕКТИВНОМУ УПРАВЛЕНИЮ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕМ

Горячев Константин Игоревич¹, Куракина Ольга Евгеньевна²

^{1,2}ФГБОУ «КГЭУ» г. Казань, Республика Татарстан

¹kostya.goryachev.1998@mail.ru, ²Random_jj@mail.ru

В данной статье рассматривается внедрение искусственного интеллекта в распределительные сети с целью повышения качества электроэнергетики; описывается принцип работы автоматизированных систем управления технологическими процессами; а также оцениваются параметры, на которые сказывается такое нововведение.

Ключевые слова: искусственный интеллект, надежность, технологии.

IMPLEMENTING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DISTRIBUTION NETWORKS: THE PATH TO EFFICIENT ENERGY MANAGEMENT.

Goryachev Konstantin I.¹, Kurakina Olga E.²

^{1,2} KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹kostya.goryachev.1998@mail.ru, ²Random_jj@mail.ru

This article discusses the implementation of artificial intelligence in distribution networks to improve the quality of electricity; describes the operating principle of automated process control systems; and also evaluates the parameters that are affected by such innovation.

Keywords: artificial intelligence, reliability, technology.

В настоящее время в энергетическую отрасль стремительно внедряются передовые технологии, включающие в себя искусственный интеллект (ИИ). Россию данная тенденция также не обошла стороной, эта технология активно развивается, особенно в контексте автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП). Исследования в области ИИ вселяют огромные надежды в распределении электроэнергии. С чем связан активный рост внедрения ИИ и какие цели преследует данная тенденция, будет рассмотрено далее [1].

Одним из главных преимуществ является прогнозирование нагрузки. Прогнозирование нагрузки с ИИ позволяет оптимизировать работу регулирования напряжения и частоты, путем своевременного изменения коэффициента трансформации в случае встречного регулирования, подачи топлива или изменении направляющего аппарата в случае поддержания значения частоты. ИИ способен анализировать потребление нагрузки не только из суточного графика или в зависимости от дня недели, будь то выходной день или рабочий, но и исходя из погодных условий (направление и скорость ветра, атмосферные осадки, облачность и т.д.), что крайне важно в районах, где распространены возобновляемые источники энергии. Ярким примером является город Анапа, где жильцы частных домов широко используют солнечные панели и солнечные водяные коллекторы с целью экономии электроэнергии [4].

Помимо прогнозирования нагрузки ИИ также способен быстро обнаружить и диагностировать неисправности, повышая ее надежность и отказоустойчивость. Это достигается за счет анализа огромного объема данных в режиме реального времени. ИИ может с высокой точностью

определить локацию неисправности, предложить варианты возможных решений, а также заблаговременно предугадать возможные поломки в условиях экстремальных погодных условий [2].

Искусственный интеллект способен работать не только с готовыми линиями электроснабжения, но и проектировать наиболее надежную схему с подключением новых потребителей или заменой схемы подключения уже введенных в эксплуатацию оборудования и сооружений.

Хотелось бы добавить, что в рамках ИИ может производиться даже процесс обучения сотрудников, это действие позволяет совершать заранее запрограммированный чат-бот, который создает индивидуальную программу обучения, исходя из интересов, потребностей и знаний каждого сотрудника [3].

Но, несмотря на все положительные качества и огромные потенциальные преимущества, ИИ обладает рядом проблем, к которым относятся: качество данных, кибербезопасность и повышение квалификации.

Оценка экономической целесообразности складывается из нескольких основных принципов:

-Затраты на внедрение ИИ должны быть меньше, чем ожидаемая экономическая выгода.

-Затраты включают в себя расходы на все технологии, системы и программно-аппаратные комплексы, используемые для считывания, обработки и передачи данных.

-Срок окупаемости проекта должен находиться в рамках от 5 до 10 лет.

Таким образом, замена традиционных подстанций на цифровые подстанции даст толчок в областях надежности, диагностирования и обучения персонала. Данная технология уже на сегодняшний день является возможной, но не в полном функционале.

Источники

1. Дуэль М. А. Автоматизация объектов и технологических процессов ТЭС / М. А. Дуэль, А. В. Приходько. - Москва: Наука, 2011. - 436 с. – Текст: непосредственный.
2. Бождай А. С. Использование машинного обучения с подкреплением в создании самоадаптивного программного обеспечения А. С. Бождай, Д. В. Артамонов, Ю. И. Евсеева. - Текст непосредственный //

Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. - 2019. - № 3. - С. 58-68.

3. Егоров А. А. Основные направления применения технологий искусственного интеллекта в электроэнергетике: зачем он нужен и на что способен / А. А. Егоров. Текст : непосредственный // Автоматизация и IT в энергетике. 2023. №10 (171). – С. 6-14.

4. Зубова Н. В. Оптимизация вырабатываемой мощности ветроэнергетической установки на основе нейронных сетей / Н. В. Зубова, А. А. Ачитаев, А. А. Бурдун. — Текст: непосредственный // Новое в российской электроэнергетике. 2018. - №3. - С. 40-49.

УДК 621.316.722.076.12

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОПЕРЕЧНОЙ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНДЕНСАТОРНЫХ БАТАРЕЙ ДАЛЬНИХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ В СРЕДЕ MATLAB SIMULINK

Горячев Константин Игоревич¹, Куракина Ольга Евгеньевна²

^{1,2}ФГБОУ «КГЭУ» г. Казань, Республика Татарстан

¹kostya.goryachev.1998@mail.ru, ²Random_jj@mail.ru

Возникновение реактивной мощности в дальних линиях электропередач обуславливается наличием в ней индуктивной (Q_I) и емкостной (Q_C) составляющих. Такая мощность не потребляется нагрузкой, а перетекает туда-обратно по линиям электропередач [1]. Реактивная мощность отрицательна для индуктивности и положительна для емкости. Причиной ее компенсации является воздействие на напряжение. В данной статье собрана модель ДЛЭП, а также испытан способ поперечной компенсации реактивной мощности с использованием конденсаторных батарей (КУ).

Ключевые слова: моделирование, компенсация, мощность, линия электропередач.

SIMULATION OF TRANSVERSE REACTIVE POWER COMPENSATIONS USING CAPACITOR BATTERIES OF LONG POWER LINES IN MATLAB SIMULINK ENVIRONMENT

Goryachev Konstantin I.¹, Kurakina Olga E.²

^{1,2} KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹kostya.goryachev.1998@mail.ru, ²Random_jj@mail.ru

The occurrence of reactive power in long-distance power lines is determined by the presence of inductive (Ql) and capacitive (Qc) components in it. This power is not consumed by the load, but flows back and forth along the power lines. Reactive power is negative for inductance and positive for capacitance. The reason for its compensation is the effect on voltage. In this article, a model of DLPP is collected, and methods of transverse compensation of reactive power using capacitor banks are tested.

Keywords: modeling, compensation, power, power line.

На первом этапе были заданы:

Параметры линии электропередачи: номинальное напряжение – 500 кВ, длина линии – 500 км.

Провод марки АС 330/66 с расчетными данными: r_0 – 0,0330 Ом/км; x_0 – 0,31 Ом/км; b_0 – $3,97 \cdot 10^{-6}$ см/км.

Параметры нагрузки выбирались из максимальной допустимой токовой нагрузки с коэффициентом мощности 0,8: P - 310.5 МВт, Q - 149.04 МВАр [2].

На втором этапе была смоделирована линия электропередач в среде Matlab Simulink [3].

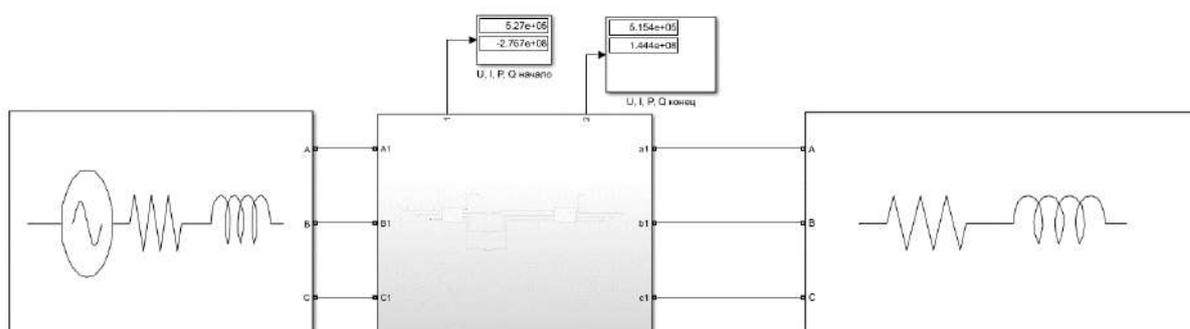


Рис. 1. Модель линии электропередач без использования КУ

Полученные результаты сводятся в таблицу.

Таблица 1

Параметры	Начало линии	Конец линии
U, кВ	527	554
Q, МВАр	-276,7	144,4

На третьем этапе смоделировано подключение продольной компенсации реактивной мощности.

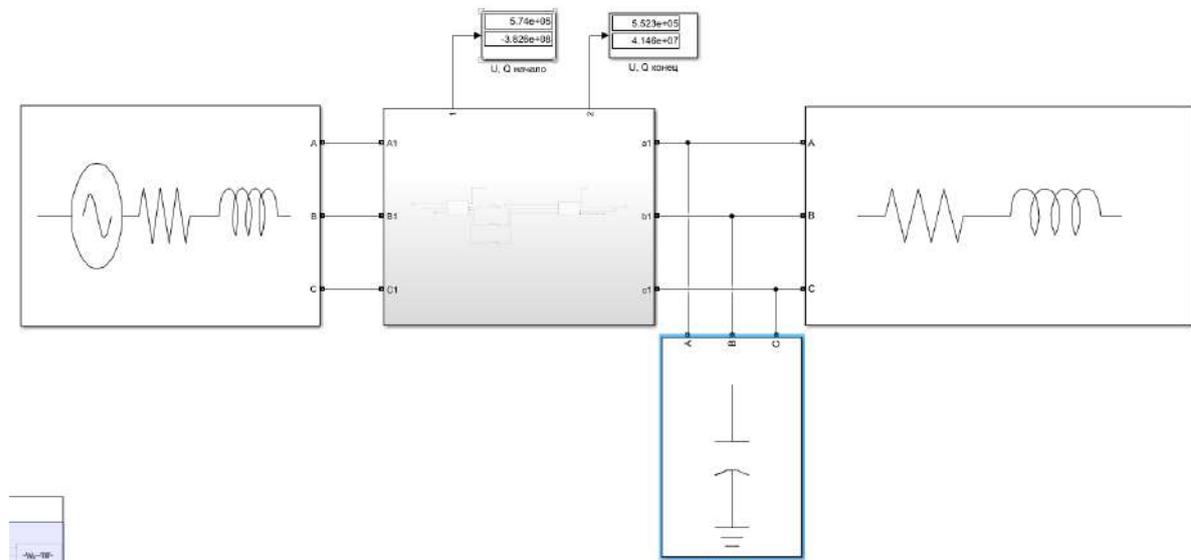


Рис. 2. Модель линии электропередач с использованием поперечного КУ

Полученные результаты также сводятся в таблицу.

Таблица 2

Параметры	Начало линии	Конец линии
U, кВ	574	552
Q, МВАр	-382,6	41,46

Вывод: компенсация реактивной мощности является неотъемлемой задачей при проектировании линий электропередач, реактивная мощность сильно сказывается на конечных параметрах системы, особенно в дальних линиях, ведь с увеличением длины увеличивается и емкостной эффект. Нарушение баланса реактивности мощности в системе приводит к нарушению уровня напряжения.

Источники

1. Активная, реактивная и полная (кажущаяся) мощности // Хомов электро URL: <https://khomovelectro.ru/articles/aktivnaya-reaktivnaya-i-polnaya-kazhushchaya-moshchnosti.html> (дата обращения: 05.03.2024).

2. Справочник по проектированию электрических сетей / С74 под ред. Д. Л. Файбисовича. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : ЭНАС, 2012. – 376с. :ил.

3. Бурьков Д.В., Полуянович Н.К. Применение IT-технологий в электроэнергетике: Mathcad, Matlab(Simulink), NI Multisim. - Ростов-на-Дону - Таганрог: Южный федеральный университет, 2018. - 126 с.

УДК 621.316.9

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОПРОЦЕССОРНОГО СЧЕТЧИКА В РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЕ СЕТЕЙ 0,4 КВ

Зиангиров Айдар Фаилевич

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Сабитов Айдар Хайдарович

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

zinaydar@mail.ru

В данной статье рассматриваются виды релейной защиты, используемых в сети 0,4 кВ и на трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ. Также рассматривается применимость микропроцессорного счетчика в релейной защите.

Ключевые слова: релейная защита, максимальная токовая защита, токовая отсечка, газовая защита, однофазное замыкание на землю, микропроцессорный счетчик.

APPLICATION OF A MICROPROCESSOR COUNTER IN RELAY PROTECTION OF 0.4 KV NETWORKS

Ziangirov Aidar F.

Scientific advisor Sabitov Aidar Kh.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

zinaydar@mail.ru

This article discusses the types of relay protection used in the 0.4 kV network and at the 10/0.4 kV transformer substation. The applicability of a microprocessor counter in relay protection is also considered.

Keywords: relay protection, maximum current protection, current cutoff, gas protection, single-phase ground fault, microprocessor meter.

В сетях низкого напряжения применяются различные виды релейной защиты для обеспечения безопасности и надежности электросистемы. Согласно правилам устройств электроустановок (ПУЭ) на ТП 10/0,4 кВ предусмотрены следующие виды защит:

- максимальная токовая защита – от сверхтоков, вызванных короткими замыканиями (КЗ);
- токовая отсечка без выдержки времени;
- газовая защита от внутренних повреждений и понижения уровня масла в трансформаторе;
- токовая защита нулевой последовательности, устанавливаемая в нейтрали, от однофазных КЗ на землю (ОЗЗ) [1].

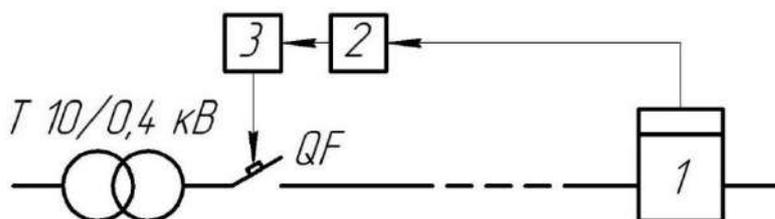
Однако, в процессе работы сети 0,4 кВ могут возникнуть ситуации, когда, например, происходят ОЗЗ через большое переходное сопротивление вследствие обрыва фазного провода и величины тока короткого замыкания может быть недостаточно для срабатывания вышеперечисленных защит. Ведь значительное увеличение значения тока может происходить и из-за включения больших нагрузок [2]. И потому стоит вопрос – как можно улучшить релейную защиту для правильного реагирования на подобное ОЗЗ.

Одним из возможных решений данной проблемы может являться применение возможностей микропроцессорного счетчика, на которые постепенно заменяются обычные счетчики потребителей электрической энергии. Применение микропроцессорных счетчиков в релейной защите сетей 0,4 кВ является важным аспектом современных систем защиты и автоматики. Микропроцессорные счетчики позволяют существенно улучшить эффективность защиты и мониторинга сетей 0,4 кВ благодаря своим расширенным функциональным возможностям. Вот несколько способов, как они используются в релейной защите:

- мониторинг и анализ электрических параметров: микропроцессорные счетчики могут быть использованы для непрерывного мониторинга напряжения, тока, мощности, а также для анализа гармоник и других параметров электрической сети. Это позволяет оперативно выявлять отклонения от нормы, а также предотвращать возникновение аварийных ситуаций;

- коммуникация и передача данных: счетчики обычно оборудованы интерфейсами для передачи данных, что позволяет интегрировать их в системы мониторинга и управления удаленно;
- гибкость настроек и программирования: позволяют осуществлять гибкую настройку параметров защиты и автоматики;
- диагностика и самодиагностика: способны проводить диагностику своего состояния и работоспособности, что позволяет оперативно выявлять сбои и неисправности, повышая надежность защитной системы [3].

При ОЗЗ помимо увеличения величины тока также происходит снижение напряжения на фазе, которая замыкает на «землю», вплоть до нуля, в то время как у остальных двух происходит её увеличение [4]. Определить данные изменения возможно при мониторинге с помощью микропроцессорного счетчика 1 (см. рисунок). Он, в свою очередь, способен передать результаты мониторинга, например, на логический орган защиты 2, установленной на трансформаторной подстанции и, согласно заданной программе, формирует управляющее воздействие через исполнительные элементы 3 на коммутационные аппараты.



Структурная схема релейной защиты с применением микропроцессорного счетчика:
 1 – микропроцессорный счетчик; 2 – логическая часть; 3 – исполнительная часть

Таким образом, использование микропроцессорных счетчиков в релейной защите сетей 0,4 кВ значительно повышает точность, скорость и надежность реагирования системы защиты на различные возмущения и аварийные ситуации.

Источники

1. Правила устройства электроустановок: 7-е издание (ПУЭ)/ Главгосэнергонадзор России. М.: Изд-во ЗАО "Энергосервис", 2007. 610 с.

2. Шуйн В.А., Гусенков А.В. Защиты от замыканий на землю в электрических сетях 6–10 кВ. М: НТФ «Энергопрогресс», 2001. 104 с. (Библиотечка электротехника. Вып. 11(35)).

3. Сабитов, А. Х. Интеллектуальные сети и системы связи / А. Х. Сабитов, Н. С. Заев // Актуальные проблемы науки и образования в условиях современных вызовов: СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ XII МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Москва, 17 июня 2022 года. – Москва: Изд-во «ООО «ИРОК»; Общество с ограниченной ответственностью "Издательство АЛЕФ", 2022. – С. 38-42. – EDN GMLAAX.

4. ГОСТ 32144-2013. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

УДК 621.315.629

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ПОЛИМЕРНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ

Ибрагимова Зиля Рустамовна

Науч. рук. кан-т тех. наук, доцент Куракина Ольга Евгеньевна

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

Zilko2002@list.ru

В последние годы актуальность полимерных изоляторов растет. В статье приведено сравнение полимерных изоляторов с фарфоровыми и стеклянными. Так же рассмотрены преимущества и недостатки полимерных изоляторов.

Ключевые слова: полимерный изолятор, композит, фарфоровый изолятор, стеклянный изолятор, электрическая прочность.

ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF POLYMER INSULATORS

Ibragimova Zilya R.

Scientific advisor Kurakina Olga E.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

Zilko2002@list.ru

In recent years, the relevance of polymer insulators has been growing. The article presents a comparison of polymer insulators with porcelain and glass ones. The advantages and disadvantages of polymer insulators are also considered.

Keywords: polymer insulator, composite, porcelain insulator, glass insulator, electrical strength.

Полимерные изоляторы (композитные) складываются из стержня, который определяет механическую и электрическую прочность изолятора. На стержень накладываются металлические оконцеватели для соединения изолятора с проводами и элементами опор высоковольтных линий с помощью линейной арматуры.

Композитные изоляторы могут быть выполнены либо из отдельных элементов (юбок), собранных на стержне с промежуточным слоем или без него, либо из оболочки, отлитой цельным куском (или из нескольких элементов) прямо на стержне.

Существуют три основных типа полимерных изоляторов: опорные, подвесные и проходные.

Полимерные изоляторы обладают способностью выдерживать большинство ударных динамических нагрузок, таких как токи короткого замыкания. Эти изделия хорошо функционируют в загрязненных условиях, что позволяет их частое применение не только внутри помещений, но и снаружи. Изоляторы используются для соединения распределительных устройств с линиями передачи электроэнергии.

Область применения полимерных изоляторов охватывает установку и изоляцию проводов воздушных линий. Их также устанавливают на распределительных устройствах, в подстанциях и на элементах электрооборудования, через которые протекает электрический ток. Для создания современного типа изолятора используется специальный композитный материал на основе кремнийорганических соединений.

Отличия полимерных изоляторов от стеклянных или фарфоровых заключаются в следующем:

- вес композитных изоляторов значительно меньше, чем у фарфоровых или стеклянных, что облегчает их транспортировку и монтаж;
- высокая электрическая прочность благодаря оболочке, которой они покрыты;
- полимерные изоляторы обладают более низким уровнем радиопомех. [1]

Преимущества использования полимерных изоляторов включают в себя:

1. Высокую электрическую изоляционную прочность, что позволяет использовать их в системах с высокими электрическими нагрузками.

2. Легкий вес и компактные размеры, что делает их удобными для транспортировки, монтажа и обслуживания по сравнению с другими изоляционными материалами, такими как керамика или стекло.

3. Устойчивость к воздействию агрессивных внешних условий, таких как влага, соли, кислоты и щелочи. Они устойчивы к коррозии и не требуют специализированного обслуживания при работе в агрессивных средах.

4. Простоту установки и монтажа на провода и другие элементы электрических систем. Гибкость полимерных изоляторов позволяет легко приспособить их к различным формам и размерам проводников, что значительно упрощает процесс установки и сокращает время монтажа. [2]

Однако существуют недостатки полимерных изоляторов, такие как:

1. Возможность возникновения терминальных эффектов при длительной эксплуатации, что ведет к образованию трещин и выделению газов под действием высоких температур и напряжений, ухудшая электроизоляционные свойства и надежность материала.

2. Ограниченная температурная стабильность, из-за чего при высоких температурах может происходить потеря изоляционных свойств и деградация материала, требуется использование специальных материалов или дополнительной изоляции.

3. Более высокая стоимость по сравнению с другими видами изоляционных материалов, что обусловлено сложным процессом производства и использованием дорогостоящих сырьевых материалов, что может повлиять на общую стоимость проекта при использовании большого количества изоляторов. [3]

Таким образом, полимерные изоляторы имеют как преимущества, так и недостатки. При снижении их стоимости, усовершенствовании свойств применение композитных изоляторов может возрасти.

Источники

1. Лебедев В.А., Кузнецов В.В., Григорьев В.В. Полимерные изоляторы для электроустановок. Москва: Энергоатомиздат, 2018.

2. S. K. Saha, "Polymer Insulators: Advantages and Disadvantages," International Journal of Electrical and Electronics Engineering, vol. 6, no. 6, pp. 430-434, 2017.

3. Сравнение изоляторов из разных материалов. Преимущества и недостатки [Электронный ресурс]. URL: <https://en-res.ru/stati/izolyatory-polimernie-sravnenie.html> (Дата обращения: 19.02.2024).

УДК 621.316

РОЛЬ ЭНЕРГОСЕТЕВЫХ КОМПАНИЙ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ — КУЗБАССА В ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭНЕРГОБЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНА

Карташова Елизавета Эдуардовна
Науч. рук. Паскарь Иван Николаевич
ФГБОУ ВО «КузГТУ», г. Кемерово
lizakartaschova2000@yandex.ru

Роль влияния бесперебойной и эффективной работы энергосетевых компаний в обеспечении энергетической безопасности имеет большое значение. В данной работе был произведен анализ долей владения энергосетями компаниями в энергосистеме Кемеровской области – Кузбасса.

Ключевые слова: энергосистема Кузбасса, энергетическая безопасность, энергосетевые компании, обеспечение уровня энергобезопасности.

CONTRIBUTION OF ENERGY GRID COMPANIES OF KEMEROVO OBLAST — KUZBASS IN ENSURING ENERGY SECURITY OF THE REGION

Kartashova Elizaveta. E.
Scientific advisor Paskar Ivan N.
KSTU, Kemerovo
lizakartaschova2000@yandex.ru

The role of the influence of uninterrupted and efficient operation of energy grid companies in ensuring energy security is of great importance. In this work, an analysis was made of the shares of ownership of energy networks by companies in the energy system of the Kemerovo region - Kuzbass.

Keywords: Kuzbass energy system, energy security, energy grid companies, ensuring the level of energy security.

Оценивание энергетической безопасности региона – это анализ совокупности всех его энергетических и топливных связей, с позиции

приспособленности к функционированию, саморегуляции и даже прогрессированию в условиях аварийного и послеаварийного режимов, а также в ситуации повышенной опасности. Для выхода на оптимальный уровень энергобезопасности, региону необходимо иметь возможность контроля и прогнозирования состояния, на протяжении всех ступеней готовности реагирования опасностей, как локальных, произведенных внутри энергосистемы, так и внешних, а также действиях непредвиденных факторов (особенно трудно прогнозируемых). [1]

Роль энергосетевых компаний в обеспечение не только энергобезопасности, но и работоспособности объекта энергосистемы трудно переоценить. Сетевые компании – это организации, обеспечивающие передачу и распределение электроэнергии. Энергетические сетевые компании несут ответственность за обслуживание магистральных и распределительных линий. Рассмотрим вклад сетевых компаний на примере энергосистемы Кемеровской области-Кузбасса. На балансе таких организаций находятся множество километров воздушных линий, сложные конструкции опор и высоковольтные трансформаторные подстанции. [2] Доли участия в обеспечении энергобезопасности региона электросетевыми компаниями распределены не равномерно. Исходя из количественного анализа доля единоличных энергоисточников объекта в энергетическом балансе электроэнергетического комплекса сетевого оборудования принадлежит ПАО «Россети», а именно филиалу ПАО «МРСК Сибири» – «Кузбассэнерго-РЭС» и филиалу ПАО «ФСК ЕЭС» – Кузбасское ПМЭС. [1]

Доли единоличных энергоисточников крупнейших сетевых компаний на территории Кемеровской области

Компания собственник	Доля в энергетическом балансе электроэнергетического комплекса (приведенная в %)			
	500-1150	220	110	Итого
ПАО «Россети»	100	87,461	69,975	85,812
ООО «ЕвразЭнергоТранс»	0	3,805	7,070	4,438
ОАО «РЖД»	0	1,826	10	4,913
АО «Электросеть»	0	2,492	6,132	1,875
ОАО «КузбассЭлектро»	0	0	1,776	0,776
ООО ХК «СДС-Энерго»	0	0	2,923	1,923
ООО «ОЭСК»	0	0	0,558	0,158

Ведущая сетевая компания региона - АО «Россети» выработала свои показатели, удовлетворяющие критериям энергобезопасности, надежности и качеству оказываемых услуг по передаче электроэнергии. Данные корпоративные показатели соответствуют нормам методических указаний расчета уровня надежности и качеством поставляемой электроэнергии и услуг по её передаче по управлению единой национальной (общероссийской) электрической сетью и территориальных сетевых организаций (утв. приказом Министерства энергетики РФ от 29 ноября 2016 г. N 1256). Произведя анализ долгосрочной программы развития ведущей энергосетевой компании Кемеровской области – Кузбасса, можно заметить, что компания-монополист предусматривает продолжение тенденции соответствия данным критериям. В дополнение к позиционированию ответственного энергоснабжения филиала ПАО «МРСК Сибири» – «Кузбассэнерго-РЭС» и филиала ПАО «ФСК ЕЭС» – Кузбасское ПМЭС относится наличие системных мероприятий по развитию энергосетевого комплекса в специальной индивидуальной программе развития области. [3]

Можно сделать вывод, что вопрос зависимости обеспечения и поддержания должного уровня энергетической безопасности от энергосетевых организаций, наиболее актуален в связи со стремительным ростом спроса на электроэнергию и развитием инфраструктуры. От энергосетевых компаний зависит надежность снабжения и качество транспортируемой электроэнергии. Даже при формировании цены электроэнергии на розничном рынке, вклад трудозатрат таких компаний оценивается в 40%. Особенно сильно на значимость сетевых организаций влияет большая протяженность линий, связанная с отдалённостью генерирующих объектов и потребителей друг от друга в виду географических особенностей страны.

Источники

1. Доктрина энергетической безопасности РФ от 2019 года. [Электронный ресурс]. <https://minenergo.gov.ru/node/14766> (дата обращения: 30.09.2023).
2. Заславский И.С., Карташова Е.Э. Методы оценивания энергетической безопасности объектов энергосистемы. 2022.

[Электронный ресурс]. <https://eaf.etu.ru/assets/files/eaf21/papers/299-304.pdf> (дата обращения: 30.09.2023).

3. Карташова Е. Э. К вопросу об актуальности энергетической безопасности потребителя. 2021. [Электронный ресурс]. <http://science.kuzstu.ru/wpcontent/Events/Conference/energost/2021/energost/papers/Articles/213.pdf> (дата обращения: 09.08.2023)

УДК 621-311

ТЕХНОЛОГИЯ ЦЕНОЗАВИСИМОГО СНИЖЕНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ

Картузов Павел Никитич ¹, Валиуллина Диля Мансуровна ²
^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
¹pavel.kartuzov.02@mail.ru, ²valiullinadiliya@mail.ru

В статье рассмотрены ключевые аспекты технологии ценозависимого снижения потребления и ее потенциал в оптимизации энергопотребления. Эта система позволяет адаптировать расход энергии потребителей к изменениям тарифов на электроэнергию.

Ключевые слова: управление нагрузкой, оптимизация работы, снижение потребления, управление спросом.

PRICE-DEPENDENT CONSUMPTION REDUCTION TECHNOLOGY

Kartuzov Pavel N. ¹, Valiullina Dilia M. ²
^{1,2} KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
¹pavel.kartuzov.02@mail.ru, ²valiullinadiliya@mail.ru

The article discusses the key aspects of price-dependent consumption reduction technology and its potential in optimising energy consumption. This system makes it possible to adapt consumers' energy consumption to changes in electricity tariffs.

Keywords: load management, performance optimisation, consumption reduction, demand management.

В электроэнергетической отрасли в настоящее время все больше внимания уделяется технологии ЦЗСП. ЦЗСП – ценозависимое снижение потребления. Указанная технология рассматривается как эффективный инструмент снижения цен на рынке электроэнергии в периоды, когда для

обеспечения потребности в электрической мощности привлекаются «дорогие» генерирующие объекты. В большинстве случаев относительно небольшое снижение потребления приводит к значительному экономическому эффекту - снижению стоимости потребленной электроэнергии [1].

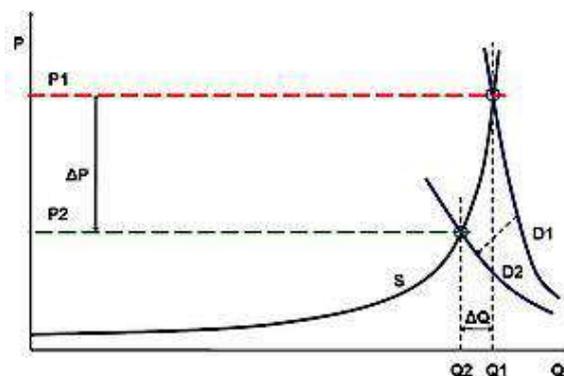
В целях отработки нормативных, договорных и технологических решений с июня 2019 года по 2023 год реализовался пилотный проект технологии управления спросом розничных потребителей. Был сформирован начальный пул агрегаторов управления спроса.

Агрегаторы спросом – специализированные организации, координирующие способность группы розничных потребителей управлять своим электропотреблением, предоставляющие тем самым услуги на ОРЭ. Часть выручки, полученной агрегатором при этом транслируется потребителям. Рассматриваемая технология позволяет получать экономическую выгоду всем потребителям электроэнергии (не только участникам технологии управления спросом) за счет отказа от загрузки неэффективной генерации и формирования более низких цен на электроэнергию. В долгосрочной перспективе при росте объемов предоставления потребителями планируется реализовать учет объемов управления спросом и в рынке мощности [2].

Наряду с корректировкой режима работы генерирующих объектов (снижение/увеличение генерации, включение/отключение генерирующего оборудования) в качестве альтернативы необходимо рассмотреть, в том числе, и возможность снижения потребления в требуемых узлах энергосистемы потребителями, участвующими в реализации технологий управления спросом. Сейчас вектор развития направлен в сторону расширения круга участников-потребителей за счет снижения стоимости потребляемой (приобретаемой на ОРЭ) электрической энергии. В дальнейшем, стоит рассмотреть возможность применения указанной технологии в целях обеспечения параметров режима работы энергосистемы в допустимых пределах. Это позволит значительно увеличить диапазон регулирования в энергосистеме, что значительно повысит надежность и способность энергосистемы противостоять возмущениям.

Запланирован с 2024 года переход к целевой модели от пилотного проекта. Целевая модель предусматривает создание нового вида услуг на оптовом рынке электроэнергии – услуги по управлению изменением

режима потребления, который станет составной частью оптового рынка электроэнергии и мощности.



Эффект от использования технологии: P – цена; Q – количество; S – кривая предложения; D1, D2 – кривые спроса

На рисунке упрощенно показан эффект от использования технологии управления спросом. Кривая предложения S в правой части графика характеризуется резким ростом (в замыкающей части) из-за влияния менее эффективных (дорогих) генераторов. Снижение потребления в указанной зоне с величины Q1 до величины Q2 приводит к снижению цены на электроэнергию на величину ΔP вследствие корректировки кривой спроса D1 в кривую D2.

Дополнительно стоит отметить, что экономический эффект от применения технологии управления спросом будет распространен на всех участников ОРЭ, из-за снижения выработки дорогостоящей электроэнергии низкоэффективными генерирующими мощностями [3].

Достоинства технологии:

Экономическая эффективность. Снижение цены на электроэнергию (мощность) на ОРЭ за счет отказа от использования дорогой генерации, получение платы за оказание услуг по управлению изменением режима потребления в пиковые часы.

Оптимизация режимов работы энергосистем. Снижает загрузку энергосистему в пиковые периоды, что способствует ее более стабильной работе.

Экологическая эффективность. Снижение энергопотребления в пиковые часы ведет к уменьшению выбросов углекислого газа и других вредных веществ.

Технология управления спросом представляет собой инновационный подход к управлению энергопотреблением, который объединяет

экономическую эффективность, экологическую устойчивость и оптимизацию работы энергосистем. Дальнейшее развитие данной технологии может способствовать повышению энергоэффективности и устойчивости энергетических систем в целом.

Источники

1. Султанов Р.А., Пак В.Е., Якубова Е.Е., Тимохин Р.В., Лавренчук О.Э. Оценка способов снижения тарифа на передачу электроэнергии для сетевой компании//Научный журнал. - 2019. - № 7 (41).- С. 63-64;
2. Кукушкина В.В. Использование инструментов стратегического управления в России // Вестник Российского государственного торгово-экономического университета (РГТЭУ). 2006. № 4 (16). С. 144-151;
3. Новости энергетики // Системный оператор Единой энергетической системы: сайт. – URL: <https://www.so-ups.ru/news/energy-news/energy-news-view/news/23349/>

УДК 621.311

ВЛИЯНИЕ ГАРМОНИК НА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Кустов Роман Юрьевич¹, Куракина Ольга Евгеньевна²
^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
¹kystob8@mail.ru, ²Random_jj@mail.ru

Данная статья рассматривает влияние гармоник на электроэнергетические системы, выявляя основные последствия их возникновения. Описывается ущерб, который гармоники могут нанести различным типам оборудования, включая электродвигатели, конденсаторы и чувствительную электронику. В статье подчеркивается необходимость использования фильтров гармоник и правильного проектирования электроустановок для обеспечения надежного и безопасного электроснабжения.

Ключевые слова: гармоники, трансформатор, электродвигатель.

HARMONIC EFFECTS ON ELECTRICAL EQUIPMENT AND POWER SUPPLY SYSTEMS

Kustov Roman Y.¹, Kurakina Olga E.²
^{1,2} KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
¹kystob8@mail.ru, ²Random_jj@mail.ru

This article examines the effects of harmonics on electrical power systems, identifying the main consequences of their occurrence. It describes the damage that harmonics can cause to various types of equipment, including electric motors, capacitors and sensitive electronics. The paper emphasizes the need for the use of harmonic filters and proper design of electrical installations to ensure a reliable and safe power supply.

Keywords: harmonics, transformer, electric motor.

Гармоники представляют собой синусоидальные волны, частота которых кратна 50 Гц - основной частоте сети. Наиболее вредоносными считаются 3,5 и 7 гармоники, так как они оказывают наибольшее влияние на качество электроэнергии. Основными причинами возникновения гармоник являются нелинейные нагрузки, использование силовой электроники, несимметричные нагрузки и резонансы в сети. [1]

Ущерб от гармоник становится наиболее ощутимым с каждым годом, потому что возрастает количество потребителей нелинейной нагрузки и как следствие негативное влияние гармоник на электрическое оборудование и системы электропитания увеличивается.

Гармоники могут оказывать различное негативное воздействие на электрические установки: моторы, электролизеры, конденсаторы и чувствительную электронику. Из-за гармонических искажений возрастает риск повреждения оборудования и сокращается его срок службы.

Наличие гармоник в сети значительно сказывается на технологическом процессе в работе электролизера. Из-за пульсации напряжения с высоким преобладанием гармоник увеличивается число обратимых восстановительных процессов в электролите, оказывается влияние на подвижность ионов, перенос заряда и, следовательно, приводит к снижению КПД машины и ухудшению качества продукции.[2]

Во время работы электрического двигателя вследствие воздействия гармоник возникают дополнительные потери. Основная их угроза заключается в повышении температуры и, как следствие, к перегреву

двигателя.[3] Эти потери распределяются по элементам конструкции двигателя в следующем соотношении:

1. обмотка статора – 14 %;
2. обмотка ротора – 41 %;
3. торцевые зоны – 19 %;
4. пульсации– 26 % [4]

Отсюда можно сделать вывод, что наиболее подверженным перегреву является ротор.

Конденсаторы также подвержены негативному влиянию гармоник, под их действием конденсаторы перегреваются и выходят из строя.

В чувствительной электронике помимо возрастания тепловых потерь также происходит повышения уровня шума от сигнала питания, что может вызывать дополнительные ошибки в работе электроники. Также гармоники могут приводить к искажению сигнала данных, передаваемых через электронные системы, что будет приводить к искажению данных или потере информации. Также возможен и полный выход из строя оборудования из-за перегрузок и перегрева чувствительных компонентов.

Гармоники также оказывают негативное воздействие на системы электропитания в целом. Они приводят к увеличению потерь энергии в проводах и трансформаторах, что ухудшает энергетическую эффективность системы.

Гармоники приводят к увеличению активных потерь в обмотках трансформатора, что приводит к возрастанию температуры работы трансформатора, при увеличении на каждые 10 градусов срок службы изоляции сокращается примерно вдвое. Возможно непреднамеренное срабатывание автоматического выключателя вследствие нагрева его элементов.[5]

Высшие гармоники тока также негативно влияют на точность электроизмерительных приборов, создавая дополнительные погрешности. Существенное влияние оказываются индукционные счетчики активной и реактивной энергии. Эти погрешности существенно сказываются на учете потребления электроэнергии.[2]

Кроме того, гармоники могут вызывать перегрузки и несимметрии в системе, что приводит к перегреву оборудования и дополнительным потерям энергии. Наличие гармоник также приводит к снижению качества напряжения и часто вызывает сбои в работе оборудования, что может создать риск аварийных ситуаций и простоев.

Исследование показывает, что гармоники могут оказывать значительное влияние на электрическое оборудование и системы электропитания. Для обеспечения надежной работы оборудования и электрических систем необходимо применять активные и пассивные фильтры гармоник, а также правильно проектировать и обслуживать электроустановки с учетом этого важного аспекта. Только таким образом можно обеспечить стабильное и безопасное электроснабжение промышленных предприятий.

Источники

1. Кобелев А.В., Зыбин А.А. Современные Проблемы Высших Гармоник В Городских Системах Электроснабжения // Вестник ТГТУ. - 2011. - №17. - С. 187-191.

2. Степанов В.М., Базыль И.М. Влияние высших гармоник в системах электроснабжения предприятия на потери электрической энергии // Известия Тульского государственного университета. - 2013. - №12. - С. 27-31.

3. Кусков А.С., Негадаев В.А. Влияние высших гармоник на рабочие параметры при управлении асинхронным двигателем // сборник материалов XXII всероссийской, научно-практической конференции молодых ученых с международным участием. - Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2020. - С. 95205.1-95205.5

4. Кацман, М.М. Электрические машины: Учебник для сред. спец. учеб. Заведений / М.М. Кацман. – М.: Высш. школа, 1983. – 432 с.

5. Бодруг Н.С., Баева А.П. Учет влияния высших гармоник на работу силовых трансформаторов // Вестник АмГУ. - 2020. - №89. - С. 91-93.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ В СТЕКЛЯННОЙ ДЕТАЛИ ИЗОЛЯТОРА ПС-70Е ПРИ НАЛИЧИИ ГАЗОВЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ

Лонзингер Петр Владимирович
ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», г. Челябинск
lonzingerpv@susu.ru

Описано моделирование электрических полей в подвесных изоляторах методом конечных элементов и квазистационарной формулировке задачи при наличии газовых включений. Проведен расчет относительных погрешностей, возникающих при замене реальных картин поля внутри газовых включений, однородным полем. Для изолятора ПС-70Е выявлены области размещения включений, в которых погрешности составляют единицы процентов. Для них справедлива оценка электрической прочности путем сравнения напряженности с критическим значением. Выявлены области с погрешностями в несколько десятков процентов. Для них требуется установление критериев сохранения электрической прочности в рамках дальнейших исследований.

Ключевые слова: электрическая прочность, стеклянный изолятор, газовое включение, имитационное моделирование, метод конечных элементов.

Благодарность: Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (государственное задание на выполнение фундаментальных научных исследований № FENU-2023-0025 (2023250ГЗ)).

SIMULATION OF ELECTRIC FIELD IN A GLASS PART OF A PS-70E INSULATOR IN THE PRESENCE OF GAS INCLUSIONS

Lonzinger Pyotr V.
SUSU, Chelyabinsk
lonzingerpv@susu.ru

The modeling of electric fields by the finite element method with a quasi-stationary formulation of the problem in suspended insulators in the presence of gas inclusions is described. The calculation of relative errors arising when replacing real field patterns inside gas inclusions with a uniform field is carried out. For the PS-70E (U70) insulator, the areas of inclusion placement were determined, for which the errors are units of percent. For them, the

assessment of electrical strength is valid by comparing the voltage with a critical value. Areas with errors of several tens of percent were identified. They require the establishment of criteria for maintaining electrical strength as part of further research.

Keywords: electrical strength, glass insulator, gas inclusion, simulation modeling, finite element method.

Acknowledgments. The research was carried out at the expense of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (state assignment for fundamental scientific research No. FENU-2023-0025 (2023250ГЗ)).

Стеклянные подвесные изоляторы применяются в воздушных ЛЭП. Газовые включения в стеклянной детали приводят к ухудшению изоляционных свойств. Требования к качеству изготовления подвесных изоляторов изложены в [1]. Особенности геометрии стеклянной детали приводят к неоднородности поля. При этом электрическая прочность газового включения зависит как от размеров включения, так и от его расположения. ГОСТ [1] не накладывает ограничений на точное расположение включений, регламентируя только их допустимые размеры при размещении в головке и тарелке. Выявление множества параметров, для которого сохраняется электрическая прочность включений, позволит повысить эффективность диагностики дефектов изоляторов на стадии производства.

Подходящим для исследования является расчет электрического поля в стеклянной детали с газовыми включениями методом конечных элементов при квазистационарной формулировке задачи. Модель должна отражать влияние формы границы стеклянной детали на картину поля. Представленные в литературе подходы (например, в [2, 3]) не позволяют этого достичь, требуется разработка новых моделей.

Автором была разработана модель изолятора ПС-70Е. Диэлектрическая проницаемость закаленного стекла принята равной 7. Проведена проверка сходимости по расчетной сетке, также проверена достоверность результатов. Получены картины распределения поля при различном расположении в головке стеклянной детали пузырьков воздуха диаметрами 1 мм и 2 мм. Определены максимальные и минимальные значения напряженности электрического поля в пузырьках при их различном положении. Такие данные могут быть использованы при классификации газовых включений по признаку сохранения либо нарушения электрической прочности.

Для оценки электрической прочности сферических газовых включений в диэлектриках применяется критическая напряженность [4]. Это

справедливо при однородности поля внутри включения [5]. С целью оценки возможности ее применения для решения рассматриваемой задачи необходимо найти погрешности при замене реальных картин поля во включениях картинками однородного поля. На основе картины поля в стеклянной детали изолятора ПС-70Е без дефектов автором рассчитано однородное поле в описанных ранее пузырьках воздуха. Для этого определена напряженность по координатам размещения центра пузырька (напряженность в стекле). С учетом разницы в диэлектрических проницаемостях стекла и воздуха, полученное значение умножалось на $f=1,4$ [6]. Такая процедура проведена для пузырей с указанными ранее диаметрами при их различном размещении в головке.

Для координат размещения пузырей в головке рассчитаны погрешности как относительные разности максимальной (либо минимальной) напряженности во включении (без допущения) и напряженности однородного поля. В качестве базиса использована напряженность однородного поля. Для пузырей диаметром 1 мм относительные погрешности достигают порядка 25% и 85% для максимальной и минимальной напряженностей соответственно. Для пузырей диаметром 2 мм указанные величины достигают значений порядка 40% и 75%.

Полученные результаты могут быть использованы при выявлении множества параметров газовых включений в стеклянных изоляторах, при которых сохраняется электрическая прочность. Для областей с погрешностями в десятки процентов необходимы установить критерии сохранения электрической прочности. Для областей с погрешностями в единицы процентов можно считать допустимой оценку электрической прочности с использованием критического значения.

Источники

1. ГОСТ 6490–2017. Изоляторы линейные подвесные тарельчатые. Общие технические условия.

2. Hani Benguesmia. Simulation of the potential and electric field distribution on high voltage insulator using the finite element method/Hani Benguesmia, Nassima M'ziou, Ahmed Boubakeur // Diagnostyka; 19(2). 2018 – p. 41–52.

3. N. A. Othman. Simulation of voltage and electric-field distribution for contaminated glass insulator/N. A. Othman, M. A. M. Piah, Z. Adzis, H.

Ahmad, N. A. Ahmad // 2013 IEEE Student Conference on Research and Development (SCORED), 16 -17 December 2013, Putrajaya, Malaysia. 2013– p. 116–120.

4. L. Niemeyer, B. Fruth and F. Gutfleisch, “Simulation of Partial Discharges in Insulation Systems”, paper no. 71.05 Proc. 7th ISH, Dresden, 1991.

5. J.A.Stratton, Electromagnetic Theory, McGraw-Hill New York. 1941

6. Crichton, G. C. Partial Discharges in Ellipsoidal and Spheroidal Voids/
G. C. Crichton, P. W. Karlsson, A . Pedersen// IEEE Transactions on Electrical Insulation. Vol. 24 No. 2, April 1989 – pp. 335–342

УДК 537.527.3

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОРОННОГО РАЗРЯДА В ВОЗДУХЕ ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ

Ньетерейе Фредерик

Науч. рук. д.ф.- м.н. проф. Усачев Александр Евгеньевич

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

nyetereyefrederic@gmail.com

В статье сообщается о моделировании в программной среде COMSOL 6.0 коронного разряда (КР) в воздухе при атмосферном давлении при двух конфигурациях высоковольтного и заземлённого электродов и различных приложенных напряжениях между ними. Моделирование конфигурации игла-плоскость выполнено в двумерной осевой симметрии, а в модели электродной системы типа цилиндрического конденсатора использовалась одномерная осесимметричная геометрия [1]. Физические процессы возникновения и исчезновения электронов и ионов в междуэлектродном промежутке моделировались с использованием встроенного модуля «Плазма» с параметрами электроразрядных реакций, полученных на основе многочисленных измерений пробивных напряжений в воздухе при атмосферном давлении [3]. Полученные результаты могут быть использованы в системах непрерывного контроля состояния изоляции электротехнического оборудования.

Ключевые слова: Коронный разряд, напряженность, электронная плотность.

SIMULATION OF CORONA DISCHARGE IN AIR AT ATMOSPHERIC PRESSURE

Nyetereye Frederic

Scientific advisor Usachev Aleksandr E.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

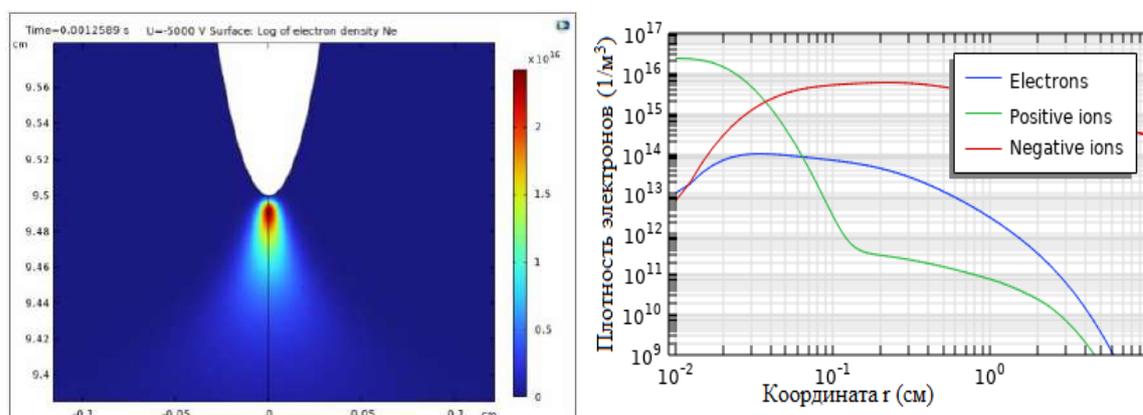
nyetereyefrederic@gmail.com

The article reports on modeling in the COMSOL 6.0 software environment of a corona discharge (CD) in air at atmospheric pressure with two configurations of high-voltage and grounded electrodes and different applied voltages between them. The modeling of the needle-plane configuration was performed in two-dimensional axial symmetry, and in the model of an electrode system such as a cylindrical capacitor, one-dimensional axially symmetric geometry was used [1]. The physical processes of the appearance and disappearance of electrons and ions in the interelectrode gap were simulated using the built-in "Plasma" module with the parameters of electric discharge reactions obtained based on numerous measurements of breakdown voltages in air at atmospheric pressure [3]. The results obtained can be used in systems for continuous monitoring of the insulation condition of electrical equipment.

Keywords: Corona discharge, occurrence voltage, electron density.

Коронный разряд (КР) широко используется в различных областях - в электротехнической промышленности, плазмохимических реакторах синтеза озона, ионизаторах воздуха, горном деле, строительстве и медицине [2]. В электроэнергетике КР является скорее вредным явлением, приводя к потерям электроэнергии на линиях электропередач, ускоренному старению изоляционных конструкций и созданию помех при диагностике оборудования и в системах связи. Напряжения, при которых возникает КР варьируются от единицы до десятков киловольт и в значительной степени зависят от геометрии электродов, их радиуса кривизны и состояния поверхности металла. Средний ток коронного разряда составляет от 10 до 100 мкА [2]. При общей хорошей степени изученности свойств КР в системах мониторинга состояния изоляции отсутствуют однозначные критерии, по которым в автоматическом (программном) режиме можно было бы отличать КР от других типов частичных разрядов (ЧР). Необходимость выработки таких критериев обусловлена различием влияния КР и других типов ЧР на старении изоляции и определения её остаточного ресурса. Данная работа посвящена моделированию КР и

выработки его характерных признаков. Распределение плотности электронов в системе игла-плоскость в импульсном режиме при отрицательном напряжении ($U < 0$) и при ($U > 0$) в непрерывном режиме в системе типа цилиндрический конденсатор представлены на рисунке.



а) игла-плоскость;

б) цилиндрический конденсатор

Пространственное распределение носителей заряда

При положительном напряжении КР возникает при некоторой пороговой величине, которая обратно пропорциональна зависит от радиуса кривизны высоковольтного электрода, и имеет непрерывный характер, а ток КР растет по мере возрастания напряжения. При отрицательном напряжении КР также возникает при некоторой пороговой величине, которая обратно пропорциональна зависит от радиуса кривизны высоковольтного электрода, но имеет значительно меньшую величину. Характер КР – импульсный (импульсы Тричела). Импульсы имеют одинаковую амплитуду и повторяются через одинаковые промежутки времени при постоянном напряжении. При увеличении напряжения интервал времени между импульсами уменьшается. При дальнейшем увеличении напряжении они превращаются в хаотично следующие импульсы различной амплитуды [3]. Механизм развития импульсов при отрицательном напряжении хорошо известен. Рассчитанные при моделировании КР временные и пространственные зависимости плотности носителей подтверждают этот механизм. При напряжении промышленной частоты КР проявляют себя в виде импульсов на отрицательном полупериоде синусоиды. Они располагаются симметрично, относительно центра, сдвинутого от амплитудного значения на время ожидания первичного электрона, т.е. вокруг значения фазного угла $280 \div 300^\circ$.

На основании проведённого моделирования можно сделать вывод, что:

1. Были получены распределения в пространстве между электродами плотности электронов, положительных и отрицательных ионов в зависимости от времени, величины и знака приложенного напряжения.

2. Подтверждены существенные различия характера КР при положительном и отрицательном полупериоде напряжения промышленной частоты. В отрицательном полупериоде КР имеет пороговый импульсный характер с частотой импульсов, которая возрастает при увеличении приложенного напряжения.

Источники

1. Ю.П. Райзер. Физика газового разряда. М.: "Наука", 2018 [Электронный ресурс]. <https://studizba.com/files/show/djvu/2107-1-rayzer-yu-p--fizika-gazovogo-razryada.html>

2. Андроников, Игорь Владимирович, Евтушенко. Коронный разряд в воздухе атмосферного давления при модулированном импульсе напряжения длительностью 10 мс, 2013

3. С. А. Анисовна. Электрофизические и кинетические характеристики неравновесной плазмы барьерных и коронных разрядов, 2021

УДК 621.315.615.22

АНАЛИЗ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА СПЕКТРАЛЬНЫМ МЕТОДОМ

Смирнова Дарья Игоревна¹, Козлов Владимир Константинович²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

smirnovad122@gmail.com¹, kozlov_vk@bk.ru²

В статье представлен результат исследования трансформаторного масла визуальным способом. Цвет масла содержит в себе большое количество информации о трансформаторе. Благодаря визуальному анализу можно определить отклонение параметров масла и выявить дефекты.

Ключевые слова: трансформаторное масло, спектр пропускания, спектр поглощения, анализ, оптическое излучение.

ANALYSIS OF TRANSFORMER OIL BY SPECTRAL METHOD

Smirnova Darya I.¹, Kozlov Vladimir K.²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

smirnovad122@gmail.com¹, kozlov_vk@bk.ru²

The article presents the result of a study of transformer oil in a visual way. The color of the oil contains a lot of information about the transformer. Thanks to visual analysis, it is possible to determine the deviation of the oil parameters and identify defects.

Keywords: transformer oil, transmission spectrum, absorption spectrum, analysis, optical radiation.

Трансформаторное масло – специальная жидкость, которая обладает высокой электрической прочностью, применяется для отвода тепла, изолирует токонесущие части электрического оборудования и способствует гашению дуги. Благодаря маслу происходит охлаждение нагреваемых частей электрооборудования и предотвращение увлажнения изоляции.

Спектр поглощения – зависимость коэффициента поглощения или оптической плотности от длины волны. Спектр пропускания – зависимость коэффициента пропускания объекта от длины волны.

Для измерения спектра поглощения строятся кривые, где на оси абсцисс откладывается длина волны, а на оси ординат – оптическая плотность. За счет данного измерения определяется концентрация вещества на основе спектральных свойств.

Человеческий глаз воспринимает электромагнитное излучение в интервале 400-760 нм в области оптического спектра (Рис. 1.). Объекты, которые находятся в данном диапазоне считаются для нас окрашенными, а за его пределами – неокрашенными: рассеивающее или поглощающее излучение в инфракрасном или ультрафиолетовом диапазоне спектра.



Рис. 1. Спектр оптического излучения

Используя спектр оптического излучения, напечатанный на бумаге, стеклянную кювету, трансформаторные масла разных марок, можно сделать ряд выводов об окраске и спектре пропускания масел визуально.

Для анализа были взяты образцы трех видов трансформаторного масла: «Усады», «Васильево», «Высокая гора». Для определения спектра поглощения и спектра пропускания стеклянная кювета наполнялась маслом каждого образца, далее прикладывалась к бумаге, на которой был изображен спектр оптического излучения. Во время поглощения синей части спектра, с длиной волны 435-480 нм, масло приобретало жёлтую окраску, а при поглощении зелёной части, при длине волны 490-500 нм, цвет масла оказывался красным.

Так, масло «Усады» имело спектр пропускания в диапазоне 580-610 нм, «Васильево»: 590-610 нм, а образец «Высокая гора» обладал прозрачным цветом, за счет чего область пропускания составляла – 390-610 нм.

Используя модульный многофункциональный оптоволоконный спектрометр AvaSpec (Avantes), был проведен эксперимент по определению спектров пропускания вышеизложенных образцов. На основании данного эксперимента был построен график спектров (Рис. 2.).

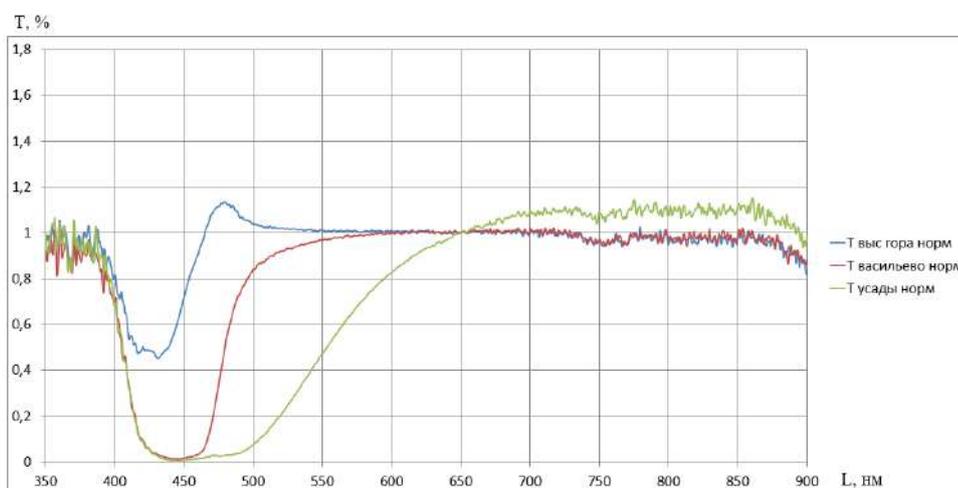


Рис. 2. Спектры пропускания образцов трансформаторного масла: Т – значение пропускания, L – длина волны

Следует сделать вывод, что по спектр пропускания дает возможность исследовать трансформаторное масло визуальным способом. Цвет масла скрывает в себе информацию об объекте исследования [1-5]. Если

проводить визуальный анализ, то можно сделать вывод о дефектах трансформатора, отклонении параметров масла от первоначальных, при этом, не прибегая к сложной диагностике.

Источники

1. Анализ состава трансформаторного масла спектральным методом / В. К. Козлов, Ю. К. Ильясова, Д. М. Валиуллина, Р. А. Гиниатуллин // Инновационное развитие науки: фундаментальные и прикладные проблемы. – Петрозаводск : Международный центр научного партнерства «Новая Наука», 2021. – С. 228-311. – EDN ADJYRM.

2. Анализ состава трансформаторного масла спектральным методом / В. К. Козлов, Ю. К. Ильясова, Д. М. Валиуллина, Р. А. Гиниатуллин // Инновационное развитие науки: фундаментальные и прикладные проблемы. – Петрозаводск : Международный центр научного партнерства «Новая Наука», 2021. – С. 228-311. – EDN ADJYRM.

3. Интерпретация спектров трансформаторного масла [Электронный ресурс] <https://forca.ru/stati/podstancii/interpretaciya-spektrov-transformatornogo-masla.html> (дата обращения 01.03.2024).

4. Ближняя инфракрасная спектроскопия [Электронный ресурс] <https://www.nehudlit.ru/books/detail737676.html> (дата обращения 01.03.2024).

5. Трансформаторное масло: описание, свойства и применение [Электронный ресурс] <https://www.1001maslo.ru/blog/nefteprodukty/transformatornoe-maslo-opisanie-svoystva-i-primenenie/> (дата обращения 01.03.2024).

ПРИМЕНЕНИЕ БПЛА КАК ПЛАТФОРМЫ ИОТ-УСТРОЙСТВ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ КОМПЛЕКСЕ РФ

Терентьев Павел Валерьевич¹, Мартюхин Даниил Алексеевич²
^{1,2} ФГБОУ ВО «НГТУ», г. Нижний Новгород, Россия
¹ terentyevpv@inbox.ru, ² daniilmartyukhin@mail.ru

Научная статья рассматривает возможности применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и технологии Интернета вещей (IoT) в электроэнергетическом комплексе Российской Федерации. Основное внимание уделяется интеграции БПЛА и IoT-систем для мониторинга технического состояния воздушных линий электропередачи и объектов электроэнергетики, Концепции предиктивного технического обслуживания. Приводится архитектура IoT-обработки массивов информации с применением компонентов облачной инфраструктуры Yandex Cloud.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, интернет вещей, искусственный интеллект, электроэнергетика, цифровая трансформация.

THE USE OF UAVS AS A PLATFORM FOR IOT-DEVICES IN THE ELECTRIC POWER INDUSTRY OF THE RUSSIAN FEDERATION

Terentyev Pavel V.¹, Martyukhin Daniil A.²
^{1,2} NNSAU, Nizhny Novgorod, Russia
¹ terentyevpv@inbox.ru, ² daniilmartyukhin@mail.ru

The scientific article examines the possibilities of using unmanned aerial vehicles (UAVs) and Internet of Things (IoT) technology in the electric power industry of the Russian Federation. The main focus is on the integration of UAVs and Its systems for monitoring the technical condition of overhead power lines and electric power facilities, the concept of predictive maintenance. The architecture of IoT processing of arrays of information using components of the Yandex Cloud infrastructure is presented.

Keywords: unmanned aerial vehicle, Internet of Things, Artificial Intelligence, electric power industry, digital transformation.

Электроэнергетический комплекс Российской Федерации является стратегическим направлением национальной технологической инициативы по внедрению и применению сквозных технологий, позволяющих

управлять структурированными массивами информации с применением методов искусственного интеллекта и машинного обучения.

Беспилотный летательный аппарат (БПЛА) – технологическая роботизированная система без физического участия человека, способная выполнять аэротехнические функции и получать при выполнении определенных задач результаты, дополняемые к структуре массивов информации [3].

Интернет вещей (IoT) – Концепция сети передачи данных между физическими и цифровыми объектами. Платформа БПЛА имеет возможность устанавливать полезную нагрузку – первый уровень Концепции IoT – функциональные нейротехнологические устройства, способные проводить сбор огромных массивов информации, предназначенные для конфигурирования цифровых моделей прогнозов и планирования. Шлюз IoT является сетевым хабом-маршрутизатором полезной нагрузки БПЛА – RGB-камера; тепловизионное оборудование; LIDAR-оборудование – между вторым уровнем Концепции, который проводит управление и агрегирование, и третьим уровнем Концепции – облачная инфраструктура [1,2,5]. Облако позволяет проводить постоянное масштабирование инфраструктуры и сети, практические данные показывают, что при техническом обследовании воздушных линий электропередачи (ЛЭП) общей протяженностью 10 км, массивы информации, полученные с применением нейротехнологических устройств, могут достигать объема более 300 ГБ. Отечественной облачной платформой для выполнения данного типа задач является Yandex IoT Core – сервис управления нейротехнологическими устройствами с использованием MQTT-протокола. Базовая архитектура IoT-обработки массивов информации выглядит следующим образом (см. рисунок).



Архитектура IoT-обработки массивов информации

Обмен массивами информации между нейротехнологическими устройствами и реестрами через централизованный узел – MQTT-сервер. Основными элементами архитектуры являются: нейротехнологическое устройство, реестр и брокер.

Данная архитектура позволяет сократить время обработки массивов данных на 30%, сравнивая с традиционными системами автоматизированного контроля. Применение БПЛА-технологий позволяет сократить время обследования объекта на 130%.

Создание и интеграция облачных и беспилотных технологий в технологический процесс электроэнергетических корпораций является главной задачей Концепции «Цифровая трансформация 2030», разработанной крупнейшей в мире электросетевой корпорацией ПАО «Россети» [4].

Источники

1. Вьюгин, В. В. Математические основы машинного обучения и прогнозирования / В.В. Вьюгин. – Москва : МЦНМО, 2013, 2018. – 484 с. – ISBN 978-5-4439-1249-3.

2. Крылов, В. В. Большие Данные и их приложения в электроэнергетике. От бизнес-аналитики до виртуальных электростанций / В.В. Крылов, С.В. Крылов. – Москва : 2014. – 166 с. – ISBN 978-5-519-02625-3.

3. Терентьев, П. В. Разработка БПЛА для обследования технического состояния ЛЭП и объектов энергетики / П.В. Терентьев, Д.А. Филатов, Д.А. Мартюхин и др. // Неделя науки 2023 – Нижний Новгород : 2023. – С. 63.

4. ПАО «Россети». Концепция. Цифровая трансформация 2030 – URL:
https://www.rosseti.ru/investment/Kontseptsiya_Tsifrovaya_transformatsiya_2030.

5. Элбон, К. Машинное обучение с использованием Python / К. Элбон. – Санкт-Петербург : 2019. – 384 с. – ISBN 978-5-9775-4056-8.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ НА ПЕРЕХОДНОЙ СИГНАЛ С ЦЕЛЬЮ МОДЕРНИЗАЦИИ ВОЛНОВОГО КОМПЛЕКСА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТ ПОВРЕЖДЕНИЙ

Тухфатуллин Искандер Радикович

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Хузяшев Рустэм Газизович

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

iskander.tukhfatullin@mail.ru

В статье исследуется влияние неоднородностей в модели линии 10 кВ на формирование сигналов переходного процесса с целью использования полученных результатов в развитии комплекса волнового метода определения мест повреждения в линиях среднего класса напряжения.

Ключевые слова: сигнал переходного процесса, волновой метод определения места повреждения, PSCAD, передний фронт, крутизна и длительность переднего фронта, модовые каналы.

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF DISTRIBUTION NETWORK INHOMOGENEITIES ON THE TRANSIENT SIGNAL IN ORDER TO MODERNISE THE TRAVELLING WAVE FAULT LOCATION COMPLEX

Tukhfatullin Iskander R.

Scientific advisor Khuzyashev Rustem G.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

iskander.tukhfatullin@mail.ru

The article studies the influence of inhomogeneities in the 10 kV line model on the formation of transient signals in order to use the obtained results in the development of a complex travelling wave fault location method for medium voltage class lines.

Keywords: transient signal, travelling wave fault location, PSCAD, leading edge, steepness and duration of the leading edge, modal channels.

Исследование влияния неоднородностей на формирование сигнала переходного процесса (СПП) при его распространении вдоль распределительной сети 10 кВ отображено в работах [1, 2].

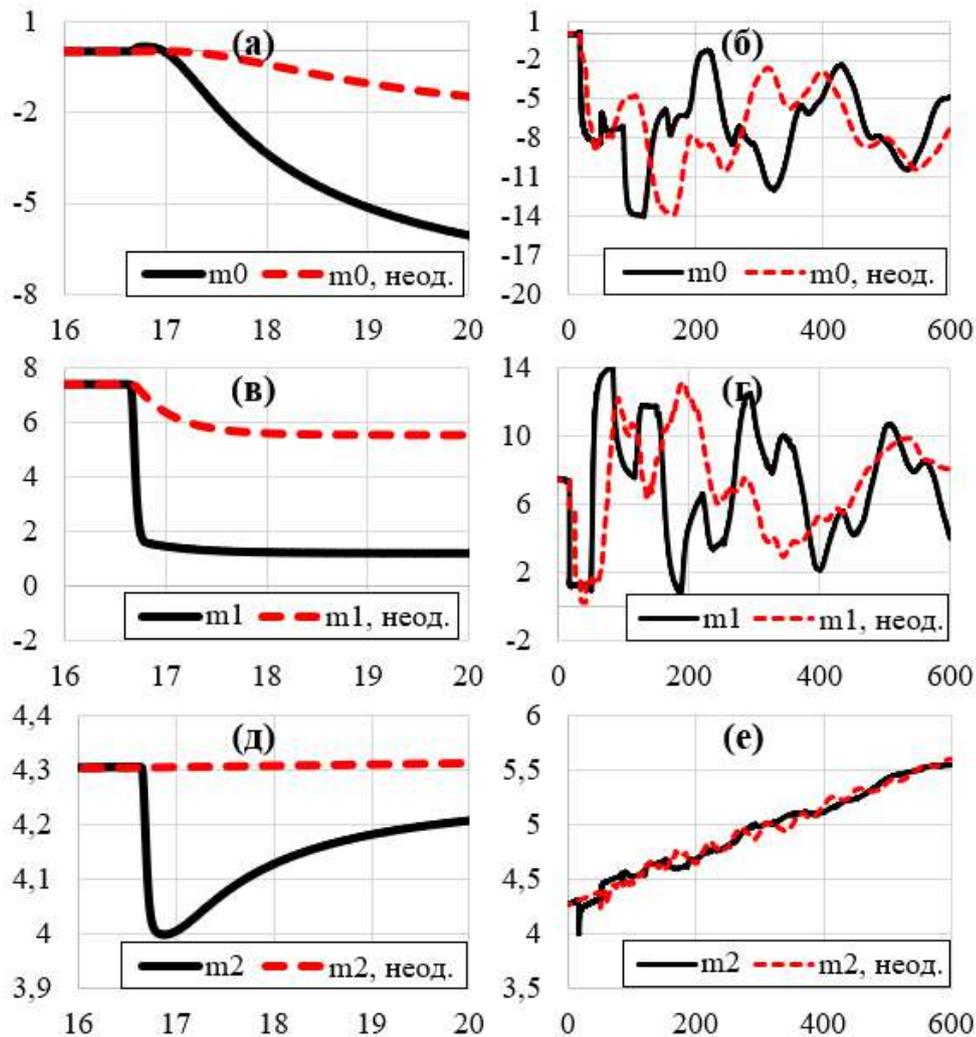
Волновые комплексы определения места повреждения (ВОМП) реализуют измерение времени начала сигнала переходного процесса (НСПП). Измерение начала сигнала переходного процесса происходит с погрешностью не более 1 мкс в единой спутниковой шкале времени. В однородных сетях высокого класса напряжений программный аппаратный комплекс (ПАК) ВОМП определяет место повреждения в линиях длиной несколько сот километров. Для неоднородных сетей среднего класса напряжений определение места повреждения ограничено длинами линий несколько десятков километров, что обусловлено разрушительным воздействием механизма дисперсии в сильно неоднородной линии. С целью модернизации комплекса исследуется точность регистрации СПП с использованием вольтметра в модели линии 10 кВ, составленной в пакете PSCAD.

СПП генерируется аварийным замыканием фазы «А» на землю в середине линии электропередач (ЛЭП). Моделируются две схемы: простейшая однородная схема с идеальным источником переменного напряжения 110 кВ, сегментированной ЛЭП и трансформаторами 110/10 кВ и 10/0,4 кВ. Затем рассматривается та же схема, но при наличии неоднородностей в виде сосредоточенных емкостей 1 нФ по концам ЛЭП, имитирующих емкость изоляции ПС, смежного фидера и ответвленных линий на каждом сегменте.

В конце линии регистрируется СПП вольтметром линии. Научная новизна статьи обусловлена анализом сигналов волновых (модовых) каналов, позволяющих получить для n-проводной сети n независимых друг от друга систем токов и напряжений, называемых модовыми каналами. Их выделение отображено в работе [2]. Для трехфазной линии имеем нулевой («земля – фазы»), первый («средняя фаза – крайние фазы»), второй («крайняя фаза – оставшиеся фазы») каналы.

В ходе моделирования были получены графики всех волновых каналов, выделенных из результатов регистрации СПП вольтметром (рис. 1). Размах и крутизна переднего фронта первой отраженной волны гораздо выше для 1-го канала. Наибольшая крутизна переотраженных БВ сохраняется за самой первой, опережающей остальные БВ. Наличие неоднородностей приводит к временной задержке СПП, уменьшению амплитуды и крутизны переднего фронта БВ. Однако этой крутизны вполне достаточно не только для регистрации НСПП на стороне 10 кВ с пренебрежимо малой погрешностью при интервалах временной дискретизации АЦП комплекса ВОМП более 0,5 мкс, но и выделения высокочастотной составляющей с помощью фильтра высокой частоты,

реализованного в виде CR-фильтра, чтобы отфильтровать шумы и повысить точность регистрации НСПП.



Графики модовых каналов при малом и большом временном масштабах

Источники

1. Khuziashev R.G., Tukhfatullin I.R. Influence of Distribution Network Concentrated Inhomogeneities on Traveling Wave Propagation Speed // International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon), Magnitogorsk, Russian Federation. 2023, pp. 346-352, doi: 10.1109/UralCon59258.2023.10291064.

2. Смирнов А.Н. Волновой метод двухсторонних измерений для определения места повреждения воздушной линии электропередачи 110-220 кВ // Дисс. Иван. гос. энергет. ун-т, 2015.

СЕКЦИЯ 2. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

УДК 621.311.13

УЧЕТ ПРОВАЛОВ И КРАТКОВРЕМЕННЫХ ПРЕРЫВАНИЙ НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Валеев Булат Альмирович

Науч. рук. канд. пед. наук, доц. Шакурова Зумейра Мунировна

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

Bulat2076@gmail.com

В данной работе рассматривается необходимость в нормировании учета провалов и кратковременных прерываний в системах электроснабжения. Определяются источники и устройства, наиболее чувствительные к провалам напряжения. Выделена зависимость провалов напряжения. Рассмотрены средства, способствующие минимизации провалов и кратковременных прерываний напряжения.

Ключевые слова: система, электроснабжение, провалы напряжения, прерывания, эксплуатация, электроприёмники.

ACCOUNTING FOR FAILURES AND SHORT-TERM VOLTAGE INTERRUPTIONS IN THE DESIGN AND OPERATION OF POWER SUPPLY SYSTEMS

Valeev Bulat A.

Scientific advisor Shakurova Zumeira M.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

Bulat2076@gmail.com

This paper considers the need to normalize the accounting of failures and short-term interruptions in power supply systems. The sources and devices most sensitive to voltage dips are determined. The dependence of voltage dips is highlighted. The means contributing to the minimization of dips and short-term voltage interruptions are considered.

Keywords: system, power supply, voltage failures, interruptions, operation, electrical receivers.

В настоящее время большинство ущерба в системах электроснабжения связано с неудовлетворительными показателями

электроэнергии, которые могут быть вызваны провалами и кратковременными интервалами. Именно поэтому чаще всего нарушаются технологические процессы, которые приводят к массовому недоотпуску продукции или браку из-за неправильной работы оборудования.

Важно выделить, что сбои систем управления, ошибки в работе, выпадение электродвигателей из синхронизма и другие технологические нарушения никак не регламентируются, а значит, что невозможно найти виновного. Необходимо учитывать, что системы SmartGrid достаточно чувствительны к качеству электроэнергии, т.е. любое прерывание и провал напряжения вызывает увеличение рисков выхода из нормального режима системы электроснабжения [1].

В точках присоединения электроприёмника к сети есть три источника провалов и кратковременного прерывания напряжения:

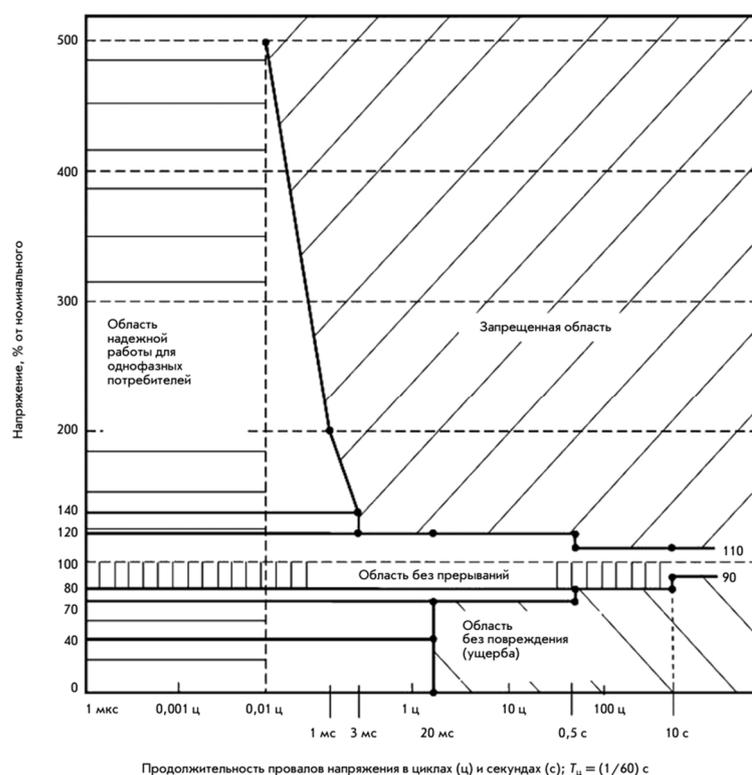
- Сети генерирующего объекта;
- Другой источник, создающий провалы, которые проникают в сеть конкретного потребителя через транзитные сети;
- Электроприёмники потребителя.

Степень влияния провалов и кратковременных прерываний зависит от трёх характеристик: глубины провала, длительности и частоты провалов. Наибольшее влияние на провалы оказывают системы управления и защиты электроприёмников. Провалы и кратковременные прерывания напряжения могут приводить к ошибкам в работе компьютерной техники во время сохранения, отображения или обработки данных. Для оценки способности компьютеров противостоять перенапряжениям, провалам и кратковременным прерываниям напряжения разработаны кривые ИТЭС. Они поясняют, насколько допустимы кратковременные прерывания напряжения (до 20 мс). Провалы напряжения допускаются до 10% при любой длительности, если 20%, то длительностью не более 10 секунд, а 30% с длительностью не более 0,5 с, все провалы и временные промежутки приведены на рисунке [2-3].

С целью снижения провалов и кратковременных прерываний необходимо внедрять в электрические сети потребителя следующие устройства:

- Источники бесперебойного питания (сетевые фильтры, накопители);
- Динамические компенсаторы напряжения (батареи конденсаторов, синхронные компенсаторы);
- Активные фильтры с продольным подключением;
- Установки продольной компенсации.

В связи со значительным ущербом от таких прерываний необходимо нормировать и учитывать установку данных устройств при проектировании и эксплуатации любой системы электроснабжения. Производителям электрооборудования нужно предусматривать испытания на помехоустойчивость к провалам и кратковременным прерываниям электроснабжения.



Кривые ИТЭС, поясняющие способность микроконтроллеров и компьютеров противостоять провалам и прерываниям

Подводя итоги, можно сказать, что с целью минимизации влияния провалов и кратковременных прерываний необходимо разбивать электроприёмники по электромагнитной совместимости и во всех точках внутреннего присоединения подключать приёмники одного класса.

Источники

1. Коверникова Л. И., Суднова В. В., Шамонов Р. Г. и др. Качество электрической энергии: современное состояние, проблемы и предложения по их решению. – Новосибирск: Наука, 2017. – 219 с.

2. Овсянников А. Г., Борисов Р. К. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике. – Новосибирск: НГТУ, 2017. – 196 с

3. Добрусин Л. А. Проблемы качества электроэнергии и электроснабжения в России // Энергоэксперт. 2008. – № 4 (9). – С. 30–35

УДК 621-316

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЯ НАДЕЖНОСТИ SAIFI

Валиуллин Сабит Рамилевич¹, Галеева Раиса Усмановна²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹save1313@mail.ru, ²raisa_gal.52@mail.ru

Данная работа посвящена оптимизации размещения точек разделения в распределительных сетях. Для оценки надежности электроснабжения был выбран интегральный показатель надежности SAIFI отражающий среднюю частоту отключения потребителей.

Ключевые слова: реклоузер, надёжность электроснабжения потребителей, интегральные показатели надёжности, оптимизация, генетический алгоритм.

USING METHODS FOR CALCULATING THE SAIFI RELIABILITY INDEX

Valiullin Sabit R.¹, Galeeva Raisa U.²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹save1313@mail.ru, ²raisa_gal.52@mail.ru

This work is devoted to optimizing the placement of separation points in distribution networks. To assess the reliability of power supply, the integral reliability indicator SAIFI was chosen, reflecting the average frequency of consumer outages.

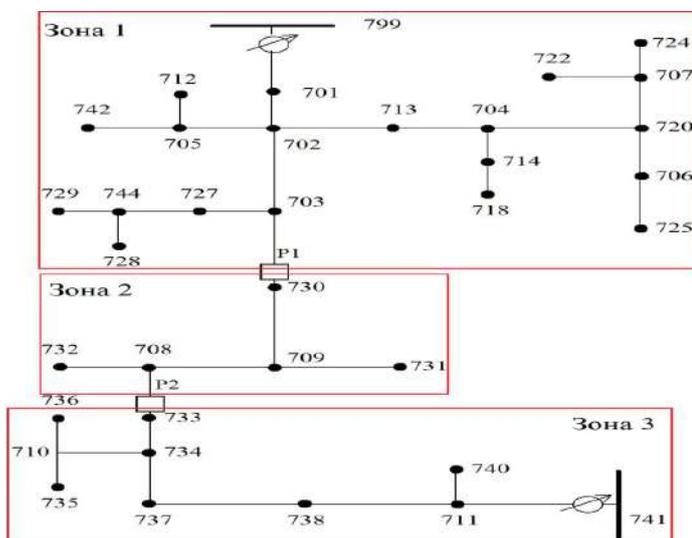
Keywords: recloser, reliability of power supply to consumers, integrated reliability indicators, optimization, genetic algorithm.

SAIFI (System Average Interruption Frequency Index) — это индекс средней частоты отключений энергосистемы, который показывает, как часто средний потребитель испытывает перебои в электроснабжении в течение определенного периода времени.

Преимущества использования SAIFI включают объективность, SAIFI предоставляет объективный показатель надежности электроснабжения,

основанный на количестве перерывов и их длительности; простота интерпретации SAIFI является простым числом, которое легко сравнивать между разными системами электроснабжения или периодами времени; учитывает все перерывы SAIFI учитывает все перерывы в электроснабжении, независимо от их продолжительности или причины. Это делает его полезным показателем для сравнения систем электроснабжения с различной продолжительностью перерывов. Возможность сравнения между различными системами SAIFI позволяет сравнивать надежность разных систем электроснабжения друг с другом. Недостатки использования SAIFI могут включать: не учитывает продолжительность перерывов: SAIFI не принимает во внимание продолжительность перерывов в электроснабжении. Это может привести к тому, что системы с короткими, но частыми перерывами будут иметь более высокий рейтинг SAIFI, чем системы с более продолжительными, но редкими перерывами.

Не учитывает влияние перерывов на потребителей: SAIFI не учитывает влияние перерывов электроснабжения на пользователей [1]. На первом этапе расчета показателя SAIFI алгоритм делит цепь на зоны, разграниченные имитируемыми выключателями или АПВ (см. рисунок).



Пример разбиения на зоны

Все представленные зоны имеют своих «соседей», разделенных как АПВ, так и выключателем. Данная методика расчета показателя, которая представлена выше, учитывает использование резервирования сети после локализации аварии близлежащими устройствами повторного включения. Следовательно, короткое замыкание в зоне 2 не приводит к отключению

нагрузок в зоне 3, которые изначально питались от источника в узле 799 [2].

Непосредственный перебор мест установки реклоузеров на больших цепях занимает много времени. В таком случае, оптимизации расположения реклоузеров достигается использованием генетического алгоритма. Следует отметить, что эвристические алгоритмы не могут гарантировать нахождение наилучшего решения, но обладают более высокой скоростью сходимости, что для некоторых задач обеспечивает принципиальную техническую возможность получения результата.

Индивидуум — это набор веток, в которые устанавливаются устройства. Ген — номер ветки, в которой находится устройство. Число возможных генов равно количеству свободных ветвей для установки реклоузеров. Выбранная фитнес-функция является показателем надежности дистрибьюторской сети SAIFI. Первая популяция особей формируется случайным образом; затем для каждой ее особи выбирается количество генетических ветвей и рассчитывается SAIFI. В связи с тем, что стоит задача найти минимальное значение показателя, все наборы сортируются по SAIFI. Отбираются особи с лучшим значением функции приспособленности с последующим скрещиванием генов наиболее сильных представителей и появлением потомства, заменяющего более слабых особей. Затем сортировка повторяется, и цикл продолжается до тех пор, пока в процессе поиска лучших наборов генов не останется больше подходящих особей. В случае одинакового индекса SAIFI у каждого из наиболее приспособленных особей, происходит ошибка в геноме, то каждая из особей (кроме одной) изменят ген с последующей сортировкой и скрещиванием. В конце работы алгоритма результат отображается в виде лучшего найденного показателя надежности SAIFI и количества узлов и ответвлений, в которых рекомендуется установить реклоузеры [2].

Вывод: В данной работе представлен обзор интегральных показателей надежности электроснабжения потребителей распределительных сетей, содержащихся не только в российских, но и в зарубежных нормативных документах. Оценка возможности осуществлялась с помощью индекса SAIFI, который отражает среднюю частоту отключений среди потребителей электроэнергией. Кроме того, с помощью генетического алгоритма были найдены места установки устройств повторного включения, соответствующие оптимальному значению индекса SAIFI.

Источники

1. Евминов Л.И. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения : учеб.-метод. пособие / Л.И. Евминов, Г.И. Селиверстов ; М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П.О. Сухого. – Гомель : ГГТУ им. П.О. Сухого, 2016. – 531 с.

2. Afroz Alam. Switch and recloser placement in distribution system considering uncertainties in loads, failure rates and repair rates / Afroz Alam, Vinay Pant, Biswarup Das // Electric Power Systems Research, Volume 140, November 2016.– p.619-630.

УДК 621-316

СУХИЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Валиуллин Сабит Рамилевич¹, Владимиров Олег Вячеславович²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹save1313@mail.ru, ²ovladimirov2011@yandex.ru

В данной работе рассмотрены сухие трансформаторы, которые используются в процессе производства и передачи электроэнергии, принципам их работы и преимуществам перед другими типами трансформаторов. Применение сухих трансформаторов позволяет экономить электроэнергию за счёт снижения потерь в кабельных сетях низкого напряжения.

Ключевые слова: сухие трансформаторы, электроэнергетика, передача электроэнергии, распределение электроэнергии, пожаробезопасность, установка, обслуживание, эксплуатационные расходы, стабильное электроснабжение, безопасное электроснабжение.

DRY TRANSFORMERS IN THE ELECTRIC POWER INDUSTRY

Valiullin Sabit R.¹, Vladimirov Oleg V.²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹save1313@mail.ru, ²ovladimirov2011@yandex.ru

This paper discusses dry-type transformers that are used in the production and transmission of electricity, the principles of their operation and their advantages over other

types of transformers. The use of dry transformers allows you to save energy by reducing losses in low voltage cable networks.

Keywords: dry transformers, electric power industry, electric power transmission, electric power distribution, fire safety, installation, maintenance, operating costs, stable power supply, safe power supply.

Силовые трансформаторы обычно имеют масляное охлаждение, что означает, что они содержат масло, которое нагревается во время работы и затем охлаждается с помощью радиаторов или других устройств. Масло циркулирует через систему охлаждения, которая может быть естественной или принудительной, и помогает отводить тепло от трансформатора [1]. Естественное воздушное охлаждение трансформаторов происходит за счет естественной конвекции воздуха и частично за счет излучения воздуха. Такие трансформаторы называются «сухими». Условно естественное воздушное охлаждение принято обозначать с открытым исполнением С, с принудительной циркуляцией воздуха СД, с защитным исполнением СГ, с герметичным исполнением СГ.

Допустимое превышение температуры сухой обмотки трансформатора над температурой охлаждающей среды зависит от класса термической стойкости изоляции и по ГОСТ 11677-85 не должно превышать 60°C (класс А); 75°C (класс Е); 80°C (класс В); 100°C (класс F); 115°C (класс Н). Данная система охлаждения применяется для трансформаторов мощностью до 1600 кВА на напряжение до 15 кВ, преимущественно для трансформаторов собственных нужд [2].

Преимущества сухих трансформаторов:

1. **Безопасность:** сухие трансформаторы не используют горючие или токсичные жидкости, что делает их более безопасными в эксплуатации, особенно в помещениях, где безопасность играет важную роль, таких как жилые здания или больницы.
2. **Экологическая безопасность** поскольку сухие трансформаторы не требуют использования масла или других жидкостей, они не представляют опасности для окружающей среды и не требуют специальной обработки при утилизации.
3. **Высокий КПД:** сухие трансформаторы имеют меньшие потери при коротком замыкании (коротком замыкании) по сравнению с масляным и трансформаторами.
4. **Простое обслуживание** сухие трансформаторы не требуют регулярного обслуживания и обслуживания жидкости, такого как проверка уровня и качества масла, что упрощает их уход и поддержку.

Недостатки сухих трансформаторов:

1. Большой размер и масса по сравнению с жидкостными трансформаторами, сухие трансформаторы могут иметь более крупные размеры и массу, что может быть проблематичным для ограниченных пространств.
2. Ограниченная мощность сухие трансформаторы имеют ограниченную мощность по сравнению с масляными трансформаторами.
3. Цена сухие трансформаторы могут быть более дорогими в производстве и приобретении. Зачастую экономичнее не ремонтировать трансформатор в случае обнаружения дефектов, а купить новый. Надежность и безопасная работа трансформаторов сухого типа достигаются за счет качества изоляции и конструкции обмоток [2]. Приведем таблицу, где сравниваются характеристики масляных и сухих трансформаторов.

Характеристики масляных и сухих трансформаторов

Характеристика	Масляные	Сухие
Установка и эксплуатация	Наружная, обязательно наличие маслохозяйства, большая протяженность кабельных линий	Внутренняя и внешняя, короткие кабельные линии
Категория пожарной и взрывобезопасности	В1–пожароопасная	Д–безопасная
Перегрузка	Длительное время незначительные перегрузки	Большая перегрузочная способность непродолжительное время
Обслуживание	Ежегодная проверка масла на наличие воды и газа.	Очистка от пыли, обследование соединений тепловизором и

		визуальный осмотр
Выбросы CO ₂	Есть	Отсутствуют
Потери	Большие потери короткого замыкания (КЗ)	Низкие потери КЗ
Срок службы	25 лет	15лет

Вывод: сухие трансформаторы представляют собой эффективный и безопасный способ передачи и распределения электроэнергии. Они обладают высокой пожаробезопасностью, простотой установки и обслуживания, а также низкими эксплуатационными затратами. Однако, их стоимость выше, чем у масляных трансформаторов, и они имеют ограниченный срок службы и меньшую перегрузочную способность. Выбор между сухим и масляным трансформатором зависит от требований проекта, условий эксплуатации приоритетов заказчика.

Источники

1. Евминов Л.И. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: учеб.-метод. пособие / Л.И. Евминов, Г.И. Селиверстов; М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-тим. П.О. Сухого. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2016. – 531 с.

2. Afroz Alam. Switch and recloser placement indistribution system considering uncertain ties in loads, failure rates and repair rates/Afroz Alam, Vinay Pant, Biswarup Das//Electric Power Systems Research, Volume 140, November 2016. – p. 619-630.

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ДИСТАНЦИОННО ПАССИВНЫЙ МЕТОД ДЛЯ УСТРОЙСТВ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОВТОРНОГО ВКЛЮЧЕНИЯ НА ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Воробьев Данил Сергеевич

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Владимиров Олег Вячеславович

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

ledok.ne.holodok@gmail.com

В статье рассмотрена актуальность применения устройств автоматического повторного включения на кабельно-воздушных, воздушных линиях. В качестве методов исследования используется описание особенностей работы каждого устройства включения. По результатам выяснилось, что метод дистанционного пассивного АПВ на основе контроля переходных процессов перспективен как метод поиска повреждений и позволяет проводить измерения как по одному концу КВЛ, так и многосторонние не синхронизированные измерения по двум и более концам линии.

Ключевые слова: линии электропередач, автоматическое повторное включение, переходные процессы.

A PROMISING REMOTE PASSIVE METHOD FOR AUTOMATIC RECLOSING DEVICES ON POWER LINES

Vorobyev Danil S.

Scientific advisor Vladimirov Oleg V.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

ledok.ne.holodok@gmail.com

The article discusses the relevance of using automatic restart devices on cable-overhead and overhead lines. As research methods, a description of the operating features of each switching device is used. Based on the results, it turned out that the method of remote passive automatic reclosure based on monitoring transient processes is promising as a method for searching for faults and allows measurements to be taken both at one end of the power line and multilateral unsynchronized measurements at two or more ends of the line.

Keywords: power lines, automatic restart, transient processes.

В связи с возрастанием нагрузок и значительным износом линий электропередач довольно часто стали возникать неисправности на

кабельно-воздушных, кабельных и воздушных линиях. На линиях электропередач из-за неблагоприятных природных условий или катаклизмов наблюдается отключение некоторых участков с последующим отключением потребителей.

Рассмотрим некоторые типы аварийных ситуаций, которые ведут к срабатыванию автоматического повторного включения на линиях электропередач (ЛЭП). Аварийные ситуации бывают:

Кратковременные – аварии, которые вызывают кратковременное протекание токов короткого замыкания и имеют свойство самоустранения. Такой вид аварий вызван, к примеру, падением веток на линию; перемещением животных; междуфазным замыканием, вызванным погодными условиями (соприкосновение проводов).

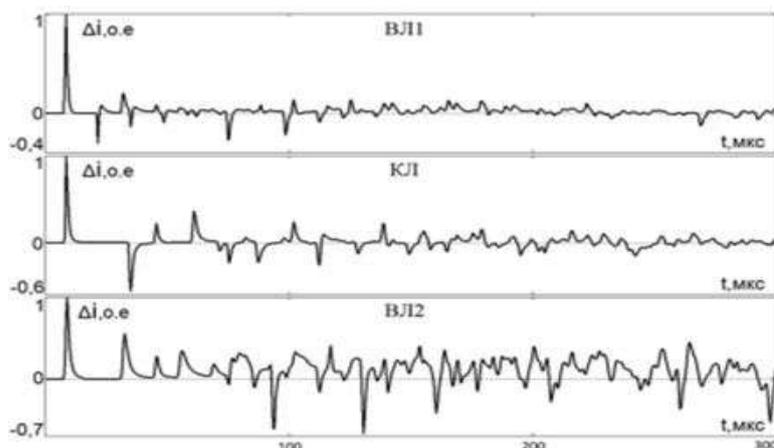
Устоявшиеся – аварии, которые обусловлены постоянным характером неисправности. Определяется не успешностью АПВ, причины, по которым может быть вызвано – это обрыв проводника, пробой изоляции и др. Устраняется только полным отключением участка линии с выездом на место оперативно-ремонтного персонала.

Нужно отметить, что автоматическое повторное включение можно позиционировать как гарант повышения надежности передачи электроэнергии. Но необходимо учитывать, что АПВ без контроля поврежденного участка может привести к нанесению ущерба кабельной линии (в случае кабельно-воздушной линии), это вызвано неселективностью повторного включения [1-2].

Именно поэтому в электрических сетях важно учитывать структуру линий электропередач и правильно подбирать автоматику защиты. Необходимо рассмотреть применение селективного автоматического повторного включения кабельно-воздушных линий (КВЛ) во избежание значительных повреждений кабельной линии.

Рассмотрим работу АПВ КВЛ на основе контроля переходных процессов. При повреждении в месте неисправности возникает разряд, из-за которого происходит резкий скачок или падение напряжения в месте короткого замыкания. Так начинается первая стадия электромагнитного переходного процесса, которая сопровождается распространением электромагнитных волн вдоль проводов линии электропередач от места повреждения – волновой процесс. Из-за кабельно-воздушных переходов при распространении электромагнитной волны по КВЛ возникают многократные отражения, и наблюдается появление высокочастотных составляющих (см. рисунок) [3]. По полученным составляющим можно судить об участке повреждения и о месте повреждения линии. Анализируя

полученные осциллограммы волновых процессов можно заметить, что характер протекания электромагнитных переходных процессов на разных участках линии может отличаться. Исходя из этих данных, можно определить повреждённый участок КВЛ путём распознавания получаемых сигналов тока и напряжения при переходном процессе.



Зависимость сигналов тока от времени на одном из концов КВЛ от поврежденного участка

Подводя итоги, можно сказать, что метод дистанционного пассивного АПВ кабельно-воздушных линий на основе контроля переходных процессов перспективен как метод поиска повреждений трасс и линий электропередач. Нужно отметить, что данный метод позволяет проводить измерения как по одному концу КВЛ, так и многосторонние не синхронизированные измерения по двум и более концам линии.

Источники

1. Догадкин Д., Марин Р., и др. Устройство автоматического повторного включения кабельно-воздушных линий электропередачи мегаполисов // Электроэнергия. Передача и распределение. 2016. № 5 (38). С. 114-119.

2. Куликов А.Л., Лоскутов А.А., Пелевин П.С. Алгоритм идентификации поврежденного участка на кабельно-воздушных линиях электропередачи на основе распознавания волновых портретов // Электричество. 2018. №3. С. 11-17.

3.SchweitzerE.O., GuzmanA., etal. Locating Faults by the Traveling Waves They Launch // 67th Annual Conference for Protective Relay Engineers, College Station, TX, USA, March 2014, С. 1-16.

УДК 62-52-83:656.56

ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКООБОРОТНОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ В СОСТАВЕ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩЕГО АГРЕГАТА

Сафиуллин Альберт Хатнурович

Науч. рук. д-р техн. наук, зав. каф. Сафин Альфред Робертович

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

ahsaf@mail.ru

В статье предложено применение высокооборотного электродвигателя с постоянными магнитами в составе компрессорного агрегата. Синхронный электродвигатель с возбуждением от постоянных магнитов повышает эффективность работы системы на 15%.

Ключевые слова: газоперекачивающий агрегат, высокооборотный электродвигатель, рекуперация, эффективность, синхронный двигатель.

APPLICATION OF A HIGH SPEED ELECTRIC MOTOR IN A GAS PUMPING UNIT

Safiullin Albert H.

Scientific advisor Safin Alfred R.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

ahsaf@mail.ru

The article proposes the use of a high-speed electric motor with permanent magnets as part of a compressor unit. The permanent magnet synchronous motor increases system efficiency by 15%.

Keywords: gas pumping unit, high-speed electric motor, recovery, efficiency, synchronous motor.

В настоящее время газовая промышленность обеспечивает жизнедеятельность всех отраслей народного хозяйства и социальной сферы и во многом определяет формирование основных финансово-экономических показателей страны. На территории РФ сосредоточено

более 1/3 мировых запасов природного газа и создан уникальный производственный потенциал.

Одним из приоритетных задач в газовой отрасли в соответствии с [1] является работы по подготовке и вовлечению в эксплуатацию новых газовых месторождений полуострова Ямала, Восточной Сибири, Дальнего Востока и континентального шельфа арктических морей. Соответственно актуальными становятся вопросы транспорта больших объемов газа на значительные расстояния с новых месторождений. Для транспортировки газа по газопроводам применяют газоперекачивающий агрегат.

В настоящее время начали применять подводный компрессорный агрегат, который предназначен для повышения давления предварительно подготовленного потока флюида для обеспечения основного технологического процесса, например, для обеспечения транспорта добываемой углеводородной смеси с требуемой производительностью по подводному трубопроводу на береговые технологические объекты, морскую платформу. Существует несколько компаний, занимающихся разработкой и производством таких агрегатов, наиболее известные из которых MAN Diesel&Turbo, Siemens AG, GEOil&Gas.

Компания MAN Diesel&Turbo изготавливает турбокомпрессорные установки с высокооборотным электроприводом и магнитными подшипниками, в качестве электропривода используют высокооборотный асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором с насаженными с обеих сторон вала рабочими колесами. Особенности конструкции компрессорной части являются отсутствие муфт, редуктора, масляной системы и уплотнений вала.

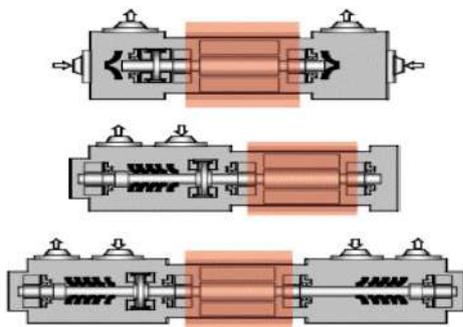


Рис.1. Варианты компоновки газоперекачивающих агрегатов с электроприводом

Особенности конструкции и используемый материал ротора обеспечивают высокую устойчивость к динамическому изгибу. Герметичная конструкция, отсутствие масляной системы и водяного охлаждения исключают неблагоприятное воздействие агрегата на

окружающую среду. Магнитные подшипники, наряду с отсутствием муфт, редукторов и уплотнений обеспечивают быстрый пуск, минимальный износ, минимальный уровень вибраций и шума, сокращают объем техобслуживания.

Компания GE Oil&Gas разработала агрегат, состоящий из центробежного компрессора с приводом от высокоскоростного электродвигателя, который установлен вертикально и заключен в единый с компрессором герметизированный корпус, рассчитанный на воздействие гидростатического давления. Двигатель и компрессор соединены жесткой муфтой. Общий вид компрессорного агрегата приведен на рисунке 2.



Рис. 2. Общий вид компрессора

В качестве электродвигателя применяется синхронный электродвигатель с возбуждением от постоянных магнитов, который обладает следующими преимуществами:

- повышение эффективности (до 15% и выше): за счет постоянных магнитов в роторе отсутствует необходимость тратить энергию на возбуждение «пассивного» ротора;
- компактность: синхронная машина с постоянными магнитами компактней асинхронной при идентичных характеристиках [2];
- эластичность управления: при питании от преобразователя частоты с датчиком положения ротора, машина с постоянными магнитами может управляться как машина постоянного тока во всем диапазоне частот вращения, без существенного снижения эффективности;
- высокие пусковые моменты и линейность моментной характеристики машины, за счет практического отсутствия потерь в роторе, в машине с постоянными магнитами легко организовать работу в специальных режимах.

Таким образом, применение высокооборотного электродвигателя с постоянными магнитами в составе газоперекачивающего агрегата является перспективным направлением.

Источники

1. Распоряжение Правительства РФ от 13.11.2009 №1715-р «Энергетическая стратегия России на период до 2030 года».
2. Крюков О.В. Энергоэффективность электроприводных газоперекачивающих агрегатов //Электротехнические системы и комплексы. 2015. №1(26). С. 10-15.

УДК 621.316.11

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Бедретдинов Рустам Шамилевич¹, Крюков Евгений Валерьевич², Гусев Даниил Александрович³

Науч. рук. док. техн. наук, профессор Соснина Елена Николаевна

^{1,2,3}НГТУ им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород, Россия

¹bedretdinov@nntu.ru, ²kryukov@nntu.ru, ³gusev.da@nntu.ru

В статье рассмотрена физическая модель участка распределительной электрической сети (РЭС) с тиристорными регуляторами напряжения и мощности (ТРНМ). Проведены экспериментальные исследования модели РЭС с ТРНМ в режиме продольного регулирования. Представлены результаты регулирования амплитуды выходных напряжений в узлах нагрузки.

Ключевые слова: Интернет Энергии, распределенная генерация, тиристорный регулятор напряжения и мощности.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF CONSUMERS POWER SUPPLY IN DISTRIBUTION NETWORK

Bedretdinov Rustam S.¹, Kryukov Evgeny V. ², Gusev Daniil A. ³

Scientific advisor Sosnina Elena N.

^{1,2,3}NNSTU n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia

¹bedretdinov@nntu.ru, ²kryukov@nntu.ru, ³gusev.da@nntu.ru

The article considers a physical model of a distribution network (DN) section with thyristor voltage and power regulators (TVPRs). The experimental studies of DN with TVPR in-phase regulation mode have been carried out. The results of regulation the amplitude of the output voltages measured at the connection points of the load nodes are presented.

Keywords: Internet of Energy (*IoE*), distribution generation, thyristor voltage and power regulator.

Развитие децентрализованного типа энергетики, распределенной генерации является приоритетной задачей во всём мире. Особое внимание уделяется использованию возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Вопросы эффективного управления РЭС с ВИЭ рассматриваются в концепции Энергетического Интернета (*IoE*) [1]. Ключевым устройством *IoE* является энергорouter, обеспечивающий управление перетоками мощности и качеством электроснабжения потребителей.

В НГТУ разработан тиристорный регулятор напряжения и мощности (ТРНМ), который сочетает функции устройства РПН (регулирование напряжения) и фазоповоротного устройства (управление потоками мощности). Принцип работы ТРНМ представлен в [2]. Диапазон регулирования выходного напряжения составляет $\pm 15\%$ по 16 ступеней на каждый режим.

Однолинейная схема рассматриваемого участка РЭС с двумя ТРНМ представлена на рисунке 1. Внешний вид физической модели для исследования возможности регулирования напряжения на шинах нагрузки с помощью ТРНМ показан на рисунке 2.

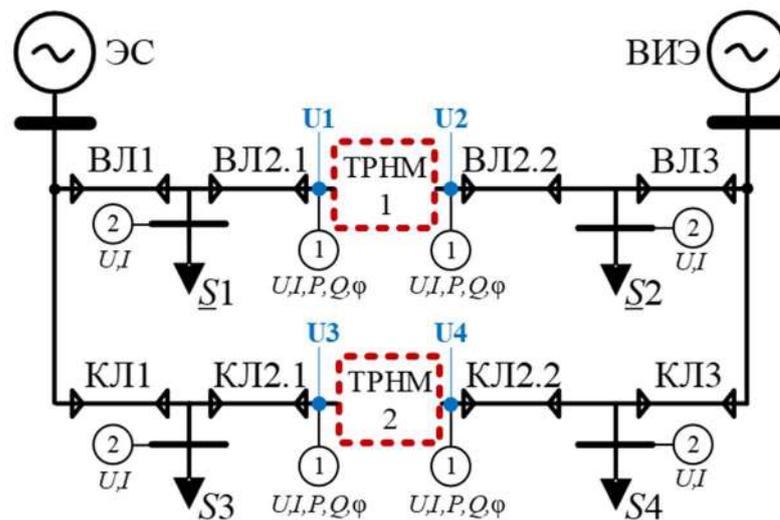


Рис. 1. Однолинейная схема участка РЭС с двумя ТРНМ: ВЛ – воздушная линия, КЛ – кабельная линия, 1 – анализатор качества электроэнергии, 2 – многофункциональный измерительный прибор

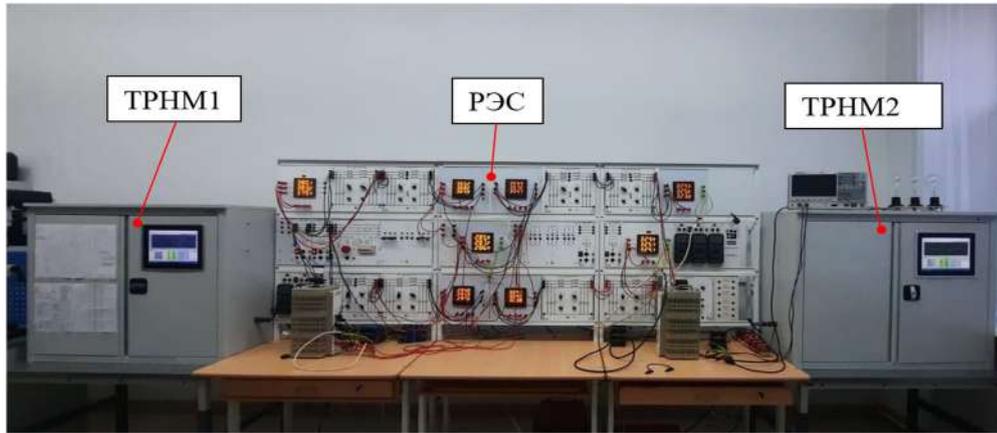


Рис. 2. Внешний вид физической модели участка РЭС с двумя ТРНМ

На рисунке 3 приведен график изменения линейных напряжений (U_1 , U_2 , U_3 , U_4), измеренных в точках подключения нагрузок (\underline{S}_1 , \underline{S}_2 , \underline{S}_3 , \underline{S}_4) при работе ТРНМ 1 и ТРНМ 2 в режиме повышения напряжения.

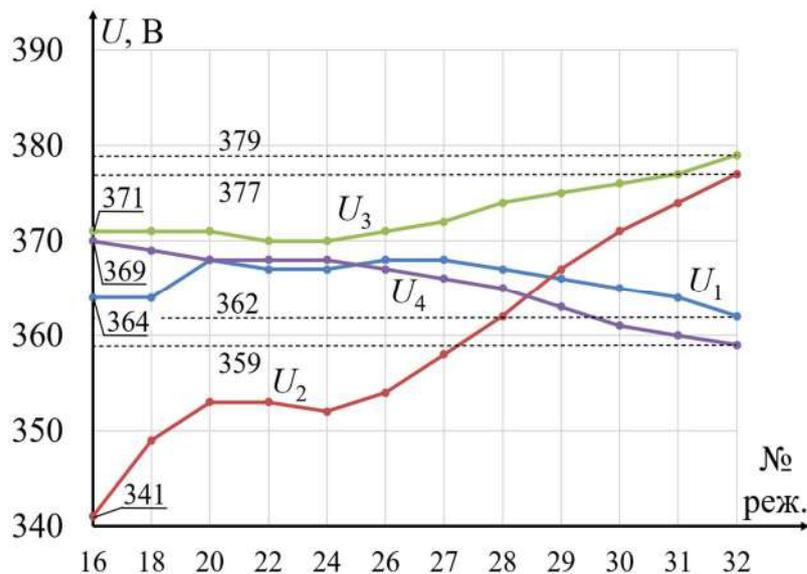


Рис. 3. График изменения линейных напряжений (U_1 , U_2 , U_3 , U_4), измеренных в точках подключения нагрузок (\underline{S}_1 , \underline{S}_2 , \underline{S}_3 , \underline{S}_4) при работе ТРНМ 1 и ТРНМ 2 в режиме повышения напряжения

Из полученных зависимостей следует, что для уменьшения величины отрицательного отклонения напряжения в точках подключения нагрузок, находящихся после ТРНМ, используется регулирование в режиме повышения напряжения. Режим понижения напряжения используется для уменьшения величины положительного отклонения напряжения в точках подключения нагрузок, находящихся после ТРНМ.

Источники

1. Gomes A. F., Sanya M. F., Embalo S., Mensah J.H.R., Dos Santos I.S., Bandiri S.Y.M., Internet of Energy Applications for the Brazilian Energy System // Symposium on Internet of Things (SIoT), São Paulo, Brazil, 2023.PP. 1–5.
2. Sosnina E.N., Asabin A.A., Bedretdinov R.S., Kryukov E.V., Gusev D.A. The Claimed Functions of A Thyristor Voltage and Power Regulator Research // IEEE International Smart Cities Conference (ISC2), Bucharest, Romania, 2023.PP. 1–4.

УДК 621.311

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ СТАТОРА СИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ

Ибатуллин Эдуард Эльсович

Науч. рук. к.т.н., доцент Петров Тимур Игоревич
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
ibatullinedick@yandex.ru

Использование энергоэффективного электропривода затрагивает различные сферы производства. Актуальность новых более надежных и экономичных конструкций электродвигателей с каждым годом растет. Замена старого оборудования на современное – это вопрос времени и темпа модернизации. В данной работе рассмотрены основные тенденции в оптимизации конструкции синхронных двигателей с постоянными магнитами.

Ключевые слова: синхронный двигатель с постоянными магнитами, статор, ротор, энергоэффективный привод.

OPTIMIZATION OF THE STATOR DESIGN OF SYNCHRONOUS MOTORS WITH PERMANENT MAGNETS.

Ibatullin Eduard E.

Scientific advisor Petrov Timur I.
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
ibatullinedick@yandex.ru

The use of an energy-efficient electric drive affects various areas of production. The relevance of new, more reliable and economical electric motor designs is growing every year. Replacing old equipment with modern equipment is a matter of time and pace of modernization. In this paper, the main trends in optimizing the design of synchronous motors with permanent magnets are considered.

Keywords: synchronous motor with permanent magnets, stator, rotor, energy-efficient drive.

Актуальность разработок в сфере повышения энергоэффективности привода очевидный тренд в энергетике [1]. Модернизация оборудования, которое является неотъемлемой частью современного технологического процесса, также вносит свою лепту в популяризацию энергоэффективных решений. Использование такого оборудования способствует не только снижению негативного воздействия на окружающую среду, но и увеличению производительности всего технологического цикла.

Возможность управления уровнем реактивной мощности синхронных двигателей с помощью изменения уровня их возбуждения, а также наличие у них абсолютно жесткой механической характеристики, ограниченной критическим моментом сопротивления, привели к широкому использованию синхронного электропривода в различных промышленных отраслях. Наиболее значительным из преимуществ является возможность достижения оптимального рабочего режима при использовании реактивной энергии путем автоматической регулировки тока. Кроме того, к преимуществам можно отнести: повышенную надежность благодаря использованию постоянных магнитов; существенное уменьшение размеров и веса устройства при сохранении мощности и увеличении эффективности; сохранение высокой перегрузочной способности, а также постоянную синхронную скорость вращения независимо от нагрузки [2].

К недостаткам такого оборудования можно отнести: более сложную конструкцию и, как следствие, более высокую стоимость; невозможность регулирования уровня возбуждения; невозможность отключения двигателя во время пуска, что может привести к возникновению тормозного момента и провала в пусковой характеристике; опасность остановки электродвигателя на низких скоростях вращения.

В последние годы синхронные двигатели с постоянными магнитами (СМПД) стали играть значительную роль в обеспечении работы различных промышленных комплексов. Многие авторы [3] акцентируют внимание на усовершенствовании конструкции этих двигателей с целью повышения их

энергоэффективности. Большинство предложений связаны с изменением конструкции ротора, например, использованием новых магнитных материалов, изменением геометрии расположения магнитов и так далее. Конструктивные изменения статора СДПМ затрагиваются очень редко. Хотя конструкция статора позволяет модернизировать его составляющие. Рассмотрим основные:

1) Изменение количества пазов в теле статора влияет как на конечную стоимость двигателей, так и на его производительность (уменьшенное реактивное сопротивление утечки, улучшенное охлаждение, уменьшенная пульсация зубьев). Так же имеют значение размеры пазов статора.

2) Конструкция обмотки статора (однослойная, двухслойная, однооборотная, многооборотная). Сюда относится средняя длина витка. Вариация влияет на количество используемой меди в обмотке, что влияет на стоимость продукта. Использование двухслойной обмотки сокращает количество используемой меди, но так же влечет за собой сложность в ремонте катушек, сложность в установке последней катушки, требует больше изоляции. Однооборотные катушки монтируются в ручную, в отличие от машинного производства многооборотных катушек, тем самым вторые выходят дешевле в изготовлении.

3) Поперечное сечение проводника. Данная величина может быть оценена исходя из тока статора на фазу и подходящего принятого значения плотности тока для обмоток статора. Так же как и все вышеперечисленное влияет на габаритные размеры и стоимость двигателей.

В наши дни для улучшения конструкции роторов синхронных двигателей с постоянными магнитами, можно использовать генетический алгоритм, который обладает важными преимуществами перед прочими подходами к поиску. Можно также применить генетический алгоритм для оптимизации конструкции статоров данных двигателей.

Таким образом, мы можем создать обновленную модель статоров синхронного двигателя с постоянными магнитами, что позволит уменьшить габариты двигателя, сократить использование материала в статорных обмотках, уменьшить стоимость синхронного устройства и сохранить при этом прочность и электрические свойства двигателей.

Источники

1. Сафин А.Р., Петров Т.И., Копылов А.М., и др. Метод проектирования и топологической оптимизации роторов синхронных

двигателей с постоянными магнитами // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2020. Т. 12, № 2(46). С. 45-53.

2. Петров Т. И. Модификация генетического алгоритма для комплексной топологической оптимизации ротора синхронных двигателей // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 3. С. 70-79.

3. Зайцева Т.С. Особенности конструкции погружного электродвигателя с возбуждением от постоянных магнитов // Труды Крыловского государственного научного центра. 2023. №S1, С. 99-102.

УДК621.315.23:621.3.064.1

ТЕРМИЧЕСКОЕ СТАРЕНИЕ И СРОК СЛУЖБЫ ИЗОЛЯЦИИ ТРАНСФОРМАТОРА

Ившин Игорь Игоревич

Науч. рук. к.т.н, доцент Владимиров Олег Вячеславович

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

gruppirovki@list.ru

В этой статье проанализированы проблемы силовых трансформаторов при перегрузках и эксплуатации выше паспортных данных. Какой срок службы и как происходит термическое старение изоляции и при каких условиях.

Ключевые слова: трансформатор, изоляция, срок службы, перегрузки.

THERMAL AGING AND SERVICE LIFE OF TRANSFORMER INSULATION

Ivshin Igor I.

Scientific advisor Vladimirov Oleg V.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

gruppirovki@list.ru

This article analyzes the problems of power transformers during overloads and operation above the passport data. What is the service life and how does thermal aging of insulation occur and under what conditions.

Keywords: transformer, insulation, service life, overload.

Срок службы силовых трансформаторов определяется сроком службы изоляционной и электромагнитной системы. Эксплуатация трансформатора при температурах выше заявленных в техническом паспорте, влечет за собой старение изоляции и сокращение срока его службы. На срок службы трансформатора так же влияют длительные перегрузки и другие факторы (недостаточное охлаждение, неправильные условия эксплуатации и чрезмерные гармоники) [5].

Предельные температуры наиболее нагретой точки обмотки зависит от температуры класса изоляции [1]. Старение изоляции трансформаторов является неизбежным процессом, вызванным различными факторами, включая температуру и время эксплуатации. Увеличение температуры значительно ускоряет процесс старения. В лабораторных условиях было установлено, что при постоянной температуре 100 °С изоляция трансформатора стареет в течение 20 лет. Однако при повышении температуры до 110 °С срок службы изоляции сокращается до 5 лет. Это означает, что тепловой режим работы трансформатора является критическим фактором, влияющим на его срок эксплуатации. Из-за воздействия повышенных температур в реальных условиях эксплуатации срок службы силовых трансформаторов обычно составляет около 25 лет. Однако такой срок службы часто не соответствует назначенному сроку эксплуатации, что приводит к необходимости преждевременной замены трансформаторов. Для точного определения срока службы трансформатора необходимо учитывать конкретные климатические условия, в которых он работает. Температурные колебания, влажность и загрязнение окружающей среды могут значительно влиять на скорость термического старения изоляции. В каждой климатической зоне можно рассчитать коэффициент корреляции, который учитывает эти факторы. Коэффициент корреляции позволяет скорректировать расчетный срок службы трансформатора, чтобы он соответствовал фактическим условиям эксплуатации [3]. Это позволяет более точно прогнозировать срок службы трансформатора и предотвратить его преждевременную замену. Таким образом, анализ влияния температуры и климатических условий на изоляцию трансформаторов имеет решающее значение для определения оптимального срока службы трансформаторов, обеспечения надежности и эффективности электросетевых систем. Регулярный мониторинг и оценка состояния изоляции трансформаторов также являются важными способами для продления их срока службы и предотвращения внезапных сбоев [4].

По мнению Осотова В.Н. [2] средний срок службы главных трансформаторов электростанций оценивается значением 45-50 лет, а

средний срок службы трансформаторов электрических сетей оценивается значением 65-70 лет.

Таким образом, срок службы конкретного трансформатора определяется особенностями режимов его работы и условий эксплуатации.

Источники

1.ГОСТ Р 54419-2011 (МЭК 60076-122008). Трансформаторы силовые. Часть 12.Руководство по нагрузке сухого трансформатора.

2.Практические аспекты оценки фактического срока службы силовых трансформаторов [Электронный ресурс].<http://www.uraldiag.ru/UPLOAD/user/novosti/09122016/15-osotov-vn-prakticheskie-aspekty-otsenki-sroka-sluzhby-transformatorov.pdf> (дата обращения 04.03.24).

3. Зависимость постоянной непрерывной нагрузки и температуры [Электронный ресурс]. <https://elektromontagnik.ru/lectures/part6/file/doc17.pdf> (дата обращения: 01.03.24).

4. Касьянов С.Е, Шескин Е. Б., Вессарт В. В.Проблемы коммутации компенсированных кабельных линий высокого напряжения на примере КЛ 330 кВ Южно-Пулковская / № 11-12 (2016). 43 с.

5. Высокорец Светлана Петровна, Редькин Сергей Михайлович, Житенев Михаил Владимирович ПОИСК СОВРЕМЕННЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ РЕШЕНИЙ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМ СОСТОЯНИЕМ ИЗОЛЯЦИИ ТРАНСФОРМАТОРОВ // Глобальная энергия. 2021. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/poisk-sovremennyh-inzhenernyh-resheniy-avtomaticheskogo-upravleniya-tehnicheskim-sostoyaniem-izolyatsii-transformatorov> (дата обращения: 01.03.2024).

ОБНОВЛЕННАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ТЕКУЩИХ ПОДХОДАХ, ПРОБЛЕМАХ И ПЕРСПЕКТИВАХ МОДЕЛИРОВАНИЯ И СИМУЛЯЦИИ В СИСТЕМАХ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ И УСТОЙЧИВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Иксанов Фанис Фаритович

Науч. рук. канд. тех. наук, доцент Гибадуллин Рамил Рифатович

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

fanis.iksanov.03@mail.ru

В данной статье представлен систематический обзор подходов к моделированию и симуляции энергетических систем, проблем и перспектив в отдельных системах возобновляемой и устойчивой энергетики.

Ключевые слова: моделирование энергопотребления, программное обеспечение, энергетической системы, энергопотребление.

UPDATE ON CURRENT APPROACHES, CHALLENGES AND PROSPECTS OF MODELING AND SIMULATION IN RENEWABLE AND SUSTAINABLE ENERGY SYSTEMS

Iksanov Fanis F.

Scientific advisor Gibadullin Ramil R.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

fanis.iksanov.03@mail.ru

This article presents a systematic review of approaches to modeling and simulation of energy systems, problems and prospects in individual systems of renewable and sustainable energy.

Keywords: energy modeling, software, energy system, energy consumption.

К возобновляемым и устойчивым энергетическим системам относятся гидроэлектрические, геотермальные, аккумуляторные системы хранения энергии, фотоэлектрические и ветровые системы преобразования энергии.

Моделирование и симуляция (МиС) в прошлом определялись как применение физических, логических или математических моделей для описания системы, объекта, явления или процесса для разработки данных,

используемых для принятия научных и технических решений. Таким образом, применение МиС в РСЭС приводит к валидации распределенных данных о сложных взаимодействиях в энергетических системах [1].

Чтобы источники энергии были устойчивыми, они должны обладать ресурсами, способными удовлетворить долгосрочные потребности. Принцип устойчивости требует, чтобы его четыре столпа, охватывающие экономические, политические, социальные и экологические факторы, считались одинаково важными при описании систем возобновляемой и устойчивой энергетики [2].

Основная функция математической модели состоит в том, чтобы выступать в качестве заменителя реальности; особенно, когда производить саму систему дорого или неудобно. Ожидается, что надежная модель будет представлять собой менее сложную версию реальной системы, включающую важные взаимосвязи и опускающую несущественные детали.

В RSES модели можно использовать для описания процессов проектирования системы, рабочих шаблонов и изменения поведения и производительности системы. Результаты моделирования моделей должны быть проверены на соответствие физическим данным, и доступ к данным для проверки результатов моделирования является основным ограничением в этой области [3].

Применение МиС в области инженерии хорошо задокументировано в литературе, поскольку технология имитационного моделирования является основным инструментарием для инженеров в различных областях применения, и недавно она была введена в корпус знаний по инженерному менеджменту.

Как правило, преимущества МиС заключаются в экономии затрат, а также в лучшем понимании процесса. Таким образом, МиС может быть использован для поиска неожиданных проблем при проектировании RSES. Основной недостаток МиС заключается в том, что результаты являются всего лишь прогнозами и не отражают реальных ситуаций [4].

Потенциальные модели энергосистем, которые могут быть использованы при моделировании RSES, включают Wien Automatic System Planner (WASP) и программное обеспечение для моделирования PLEXOS. Программное обеспечение для моделирования PLEXOS — это программное обеспечение для моделирования энергопотребления, ориентированное на экономику, которое использует математические методы оптимизации для прогнозирования энергетического рынка. Он также предлагает ряд преимуществ, таких как усовершенствованные

технологии управления энергетическими данными, рассредоточенные методы расчета и надежная система моделирования для производства электроэнергии [5].

Таким образом, можно сделать вывод, что для технико-экономического моделирования и оценки жизненного цикла моделей процессов для RSES, а также для сравнения их с другими системами производства электроэнергии необходимы дальнейшие исследования.

Источники

1. Скеа Дж., Нисиока С. Политика и практика низкоуглеродного общества. Моделирование долгосрочных сценариев для низкоуглеродных обществ. В кн.: Стракан Н., Фоксон Т., Фуджино Т.Дж., редакторы. Климатическая политика, т. 8. 2008. С. 5–16.

2. Самир С. Справочник по большим системам накопления энергии. В кн.: Левин Дж.Г., редактор. Издательство CRC. 2011. С. 112–52.

3. Челли Г., Пило Ф., Сомма Г.Г., Даль Канто Д., Паска Э., Квадрелли А. Оценка преимуществ накопления энергии для регулирования напряжения распределительной сети. Интеграция. Возобновляемые источники энергии в распределительную сеть, IET. 2012. С. 1–4.

4. Калогиру С. А. Возобновляемые источники энергии. Обзоры возобновляемых и устойчивых источников энергии. 2001. С.373-401.

5. Тернер и Дж., А. Реализуемое будущее возобновляемых источников энергии. 1999. С. 687-689.

УДК 629.3.064.5

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Исаков В.М.¹, Мазитов Д.Р.², Галеева Р.У.³

^{1,2,3} ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹isakovvadim2002@gmail.com,² mazitovish@gmail.com,³ raisa_gal.52@mail.ru

Статья рассматривает проблему энергетических систем – компенсацию реактивной мощности для повышения эффективности использования электроэнергии. Подробно описывается необходимость компенсации реактивной мощности её влияние на активные потери энергии в сетях электроснабжения. В работе представлены различные методы компенсации, такие как параллельная и серийная компенсация

принципов. Особое внимание уделено описанию принципов и преимуществ каждого метода. Статья вносит важный вклад в энергетику, обеспечивая обзор современных методов компенсации реактивной мощности.

Ключевые слова: компенсация реактивной мощности, электрические системы, энергоэффективность, конденсаторы, активные потери мощности

MODERN METHODS OF REACTIVE POWER COMPENSATION IN ELECTRICAL SYSTEMS

Isakov Vadim M. ¹, Mazitov Damir R. ²Galeeva Raisa U. ³

^{1,2,3}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹isakovvadim2002@gmail.com,²mazitovish@gmail.com,³raisa_gal.52@mail.ru

The article discusses the issue of energy systems - compensating reactive power to increase the efficiency of electricity use. It describes in detail the need for reactive power compensation and its impact on active energy losses in power supply networks. Various compensation methods are presented, such as parallel and series compensation principles. Special attention is paid to describing the principles and advantages of each method. The article makes an important contribution to energy science, providing an overview of modern methods of compensating reactive power.

Keywords: reactive power compensation, electrical systems, energy efficiency, capacitors, active power losses

Потребители электроэнергии используют реактивную мощность для магнитных полей в цепях. Реактивная мощность создается генераторами и передается потребителям, вызывая потери активной мощности на сопротивлениях передачи. Энергокомпании стремятся к высокому коэффициенту мощности потребителей, так как его снижение увеличивает активные потери энергии в сетях.

С уменьшением коэффициента мощности растет ток, необходимый для передачи одинаковой мощности, что увеличивает активные потери энергии. Для компенсации реактивной мощности, увеличивающей ток и активные потери, применяются различные методы, включая конденсаторы, реакторы и синхронные компенсаторы [1].

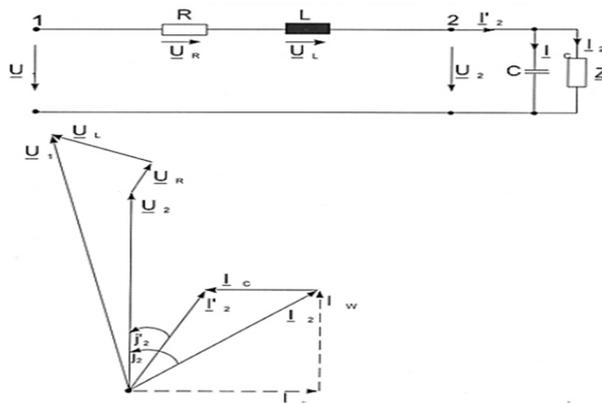


Рис. 1. Компенсация реактивной мощности с помощью параллельных конденсаторов и соответствующая векторная диаграмма

Параллельное подключение конденсатора к нагрузке улучшает коэффициент мощности за счет компенсации индуктивной реактивной мощности. Реактивный ток конденсатора компенсирует индуктивный компонент тока нагрузки, улучшая коэффициент мощности. Компенсация реактивной мощности ведется до достижения уровня, когда оплата реактивной энергии не требуется [2].

Компенсация реактивной мощности через конденсаторы зависит от нагрузки. Конденсаторы включаются или отключаются по мере необходимости. При расчете емкости учитывается половина операционной емкости для компенсации длинных линий. Индивидуальная компенсация - компенсация каждого потребителя, централизованная - использование общей системы конденсаторов. Требуется возможность подключения и отключения конденсаторов для адаптации к изменяющейся нагрузке [3]. Серийная компенсация выполняется конденсаторами на длинных линиях для снижения падения напряжения. Это улучшает передачу энергии на большие расстояния, компенсируя реактивную мощность и повышая коэффициент передачи энергии [4].

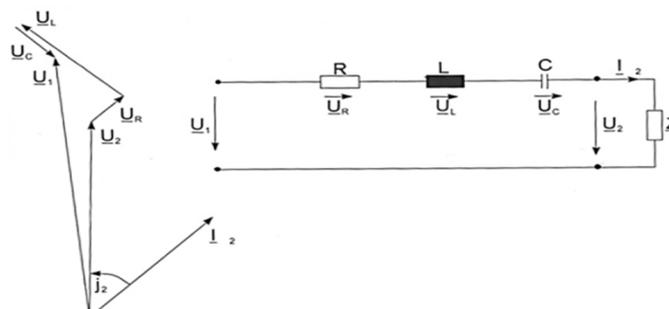


Рис. 2. Компенсация реактивной мощности с использованием конденсатора и соответствующая векторная диаграмма

Цель компенсации заключается в достижении минимального падения напряжения по постоянной оси [5]. Для емкости серийного конденсатора справедливо следующее, если не учитывать ΔU_q и при условии, что $\Delta U_1=0$:

$$C = \frac{1}{\omega(\omega L + R + ctg\varphi_2)} \quad (1)$$

В заключение, следует отметить, что проблема компенсации реактивной мощности в энергетических системах остается актуальной уже длительное время. Это вызвано постоянным ростом потребления электроэнергии и необходимостью повышения эффективности её использования. Развитие методов компенсации необходимо для обеспечения устойчивости и эффективности энергоснабжения в будущем.

Источники

1. Кочкин В. И., Нечаев П. И. Применение статических компенсаторов реактивной мощности в электрических сетях энергосистем и предприятий. – Москва, 2003. – с. 248.
2. Артюхов И.И., Коротков А.В., Степанов С.Ф., Компенсация реактивной мощности в электрических сетях до 1 кВ. – Москва, 2007. – 67 с.
3. Константинов Б. А., Зайцев Г.З., Компенсация реактивной мощности – Санкт-Петербург, 1996. – 104 с.
4. Кочкин В.И., Статические компенсаторы реактивной мощности для электрических сетей – Москва, 2010. – 296 с.
5. Ю.С. Железко, Компенсация реактивной мощности и повышение качества электроэнергии – Москва, 1985. – 224 с.

ТЕПЛОВАЯ МОДЕЛЬ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА 6-10/0,4 КВ

Кокорев Андрей Александрович¹, Авдеенко Иван Сергеевич²

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Соснина Елена Николаевна

^{1,2}Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева»,
г. Н. Новгород

¹kokandrey@gmail.com, ²ivan3_sa@inbox.ru

Тепловые процессы в масляных трансформаторах в значительной степени изучены. Разработаны и широко используются в релейной защите упрощенные тепловые модели трансформаторов, которые дают хороший результат. В связи с растущим объемом производства сухих трансформаторов возникает необходимость в аналогичных тепловых моделях для сухих трансформаторов. Целью исследований является разработка уточненной тепловой математической модели сухого трансформатора. Модель реализована в среде *Matlab/Simulink*.

Ключевые слова: тепловая модель, сухой трансформатор, потери мощности.

THERMAL MODEL OF A 6-10/0.4 KV POWER TRANSFORMER

Kokorew Andrey A¹, Avdeenko Ivan S.²

Scientific advisor Sosnina Elena N.

^{1,2}Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod

¹kokandrey@gmail.com, ²ivan3_sa@inbox.ru

Thermal processes in oil transformers have been studied to a large extent. Simplified thermal models of transformers have been developed and are widely used in relay protection, which give good results. Due to the growing volume of dry transformer production, there is a need for similar thermal models for dry transformers. The research aim is to develop a refined thermal mathematical model of a dry-type transformer. The model is implemented in the *Matlab/Simulink*.

Keywords: thermal model, dry-type transformer, power losses.

Силовой трансформатор напряжением 6-10/0,4 кВ является ключевым элементом систем электроснабжения объектов. Причины выхода трансформаторов из строя разнообразны, однако в большинстве случаев – это тепловое старение изоляции. Актуальной задачей является мониторинг нагрева силовых трансформаторов. Для контроля температуры

активной части трансформатора с целью его защиты от перегрузки и расчета остаточного ресурса изоляции используют тепловые модели.

Известны тепловые модели масляных трансформаторов [1–4], дающие хороший результат. Востребованность сухих трансформаторов делает актуальным разработку для них аналогичных тепловых моделей. Особенностью сухих трансформаторов является охлаждение активной части окружающим воздухом, и его тепловую модель можно представить тремя элементами: магнитной системой (сталь), обмотками, окружающей средой. Математическая модель сухого трансформатора может быть описана системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} C_c \cdot \frac{d\vartheta_c}{dt} + \frac{(\vartheta_c - \vartheta_{вн})}{R_c} = \Delta P_c \\ C_o \cdot \frac{d\vartheta_o}{dt} + \frac{(\vartheta_o - \vartheta_{вн})}{R_o} = \Delta P_o \\ C_{вн} \cdot \frac{d\vartheta_{вн}}{dt} + \frac{\vartheta_{вн}}{R_M} - \frac{(\vartheta_c - \vartheta_{вн})}{R_c} - \frac{(\vartheta_o - \vartheta_{вн})}{R_o} = 0 \end{cases}, \quad (1)$$

где $C_c, C_o, C_{вн}$ – теплоемкость; $\vartheta_c, \vartheta_o, \vartheta_{вн}$ – превышение температуры над температурой окружающей среды; $R_c, R_o, R_{вн}$ – тепловое сопротивление магнитопровода (стали), обмотки и внутренней охлаждающей среды соответственно; $\Delta P_c, \Delta P_o$ – электрические потери в магнитопроводе и обмотках.

Тепловые сопротивления могут быть определены по превышениям температур в номинальном режиме ($\vartheta_{с.н}, \vartheta_{о.н}$ и $\vartheta_{вн.н}$):

$$R_c = \frac{(\vartheta_{с.н} - \vartheta_{вн.н})}{\Delta P_{с.н}}; R_o = \frac{(\vartheta_{о.н} - \vartheta_{вн.н})}{\Delta P_{о.н}}; R_M = \frac{\vartheta_{вн.н}}{\Delta P_{с.н} + \Delta P_{о.н}}. \quad (2)$$

Потери КЗ ΔP_k складываются из потерь в активном сопротивлении проводников обмоток $\Delta P_{осн}$ и добавочных потерь $\Delta P_{доб}$, за счет индуцируемых ЭДС в токопроводящих конструкциях трансформатора. При этом половина добавочных потерь приходится на магнитопровод, а вторая половина выделяется в самой обмотке [1]. Основные и добавочные потери:

$$\Delta P_{\text{осн}} = k_{\text{д}} \cdot \Delta P_{\text{к}}; \Delta P_{\text{доб}} = \Delta P_{\text{к}} - \Delta P_{\text{осн}}, \quad (3)$$

где $k_{\text{д}}$ – коэффициент добавочных потерь.

$\Delta P_{\text{осн}}$ и $\Delta P_{\text{доб}}$ определяются сопротивлением, зависящем от температуры элемента, где происходит тепловыделение. С увеличением сопротивления вихревые токи уменьшаются, что приводит к снижению добавочных потерь:

$$\Delta P_{\text{осн.}\Theta} = k_{\Theta} \cdot \Delta P_{\text{осн}}; \Delta P_{\text{доб.}\Theta} = \frac{\Delta P_{\text{доб}}}{k_{\Theta}}; k_{\Theta} = \frac{T + \Theta_{\text{о}}}{T + \Theta_{\text{р}}} \quad (4)$$

где k_{Θ} – коэффициент температурной коррекции; T – температура (235 °С для меди и 225 °С для алюминия); $\Theta_{\text{р}}$ – расчетная условная температура обмотки; $\Theta_{\text{о}}$ – средняя температура обмотки.

Потери в магнитопроводе и обмотках:

$$\Delta P_{\text{с}} = \Delta P_{\text{х.н}} + 0,5 \cdot k_3^2 \cdot (1 - k_{\text{д}}) \cdot \frac{\Delta P_{\text{к.н}}}{k_{\Theta}}; \Delta P_{\text{о}} = k_3^2 \cdot \Delta P_{\text{к.н}} \cdot \left(k_{\text{д}} \cdot k_{\Theta} + \frac{(1 - k_{\text{д}})}{2 \cdot k_{\Theta}} \right). \quad (5)$$

На основе предложенного алгоритма разработана тепловая модель в среде *MATLAB/Simulink*, позволившая получить кривые зависимостей температуры обмотки, стали и внутренней охлаждающей среды.

Выводы. Разработана уточненная тепловая модель сухого трансформатора, позволяющая более точно определять нагрев активной части трансформатора. Модель может быть применена с целью определения перегрузочной способности сухого трансформатора с целью его защиты от перегрузки и внутренних повреждений.

Источники

1. Киш Л. Нагрев и охлаждение трансформаторов. – М.: Энергоатомиздат, 1980. – 208 с.
2. Ширков А.Е. Тепловая модель сухого трансформатора на основе электротепловой аналогии // Севергеоэкотех. Ухта: УГТУ, 2021. – С. 70–73.

3. Рунов Ю.А. и др. Учет температуры внешней охлаждающей среды при моделировании тепловых процессов в силовых масляных трансформаторах. Энергетика. Известия вузов и энергетических объединений СНГ, 2004, № 5. – С.42–47.

4. РД 16 472-88 Трансформаторы силовые сухие общего назначения. Тепловой расчет.

УДК 621.3.062.88

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТ ДАЛЬНОГО РЕЗЕРВИРОВАНИЯ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДО 1000 В

Минанхузин Ильфир Илшатович

Науч. рук. к.т.н., доцент Сидоров Александр Евгеньевич

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

minankhuzin@yandex.ru

В данной статье автор рассматривает основы защиты дальнего резервирования как важного элемента системы электроснабжения. Кроме этого в работе будут изучены преимущества защиты дальнего резервирования, а также рассмотрен вопрос повышения эффективности защит дальнего резервирования в распределительных сетях электроснабжения до 1000 В.

Ключевые слова: защита дальнего резервирования, электроснабжение, передовые технологии, современное оборудование, резервные источники электропитания.

INCREASING THE EFFICIENCY OF LONG-RANGE REDUNDANCY PROTECTIONS IN POWER DISTRIBUTION NETWORKS UP TO 1000 V

Minankhuzin Ilfir I.

Scientific advisor Sidorov Aleksandr E

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

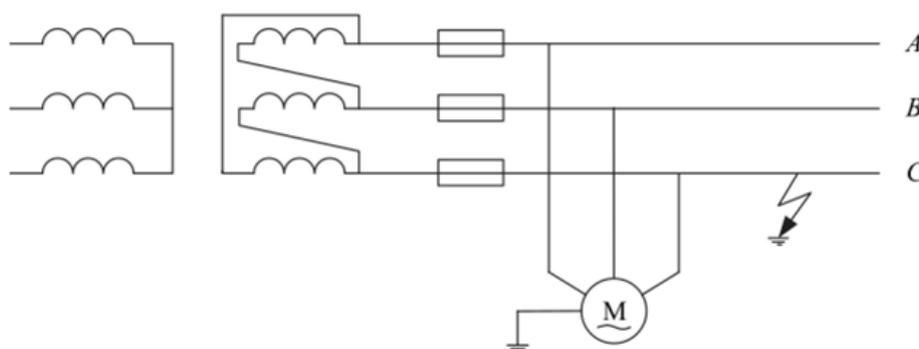
minankhuzin@yandex.ru

In this article, the author examines the basics of long-range backup protection as an important element of the power supply system. In addition, the work will explore the advantages of long-range redundancy protection, as well as consider the issue of increasing

the effectiveness of long-range redundancy protection in power distribution networks up to 1000 V.

Keywords: long-range backup protection, power supply, advanced technologies, modern equipment, backup power sources.

Защита дальнего резервирования является важным элементом системы электроснабжения, обеспечивающим непрерывность электроснабжения и безопасность работы энергосистемы. Ее основная задача обеспечить быстрое и автоматическое восстановление системы после отключения основного источника питания за счет активации резервных источников. В распределительных сетях электроснабжения до 1000 В защита дальнего резервирования имеет особое значение из-за специфики низковольтных сетей и их важности для обеспечения энергоснабжения конечных потребителей.



Сеть 660 В с изолированной нейтралью

Принцип действия защиты дальнего резервирования включает в себя использование автоматизированных систем управления и контроля которые мониторят работу основных и резервных источников и могут автоматически переключаться на резервный источник в случае отключения основного. Это позволяет сократить время простоя электроснабжения и обеспечить его непрерывность [2].

Одним из основных преимуществ защиты дальнего резервирования в распределительных сетях до 1000 В является повышение надежности и устойчивости системы электроснабжения. Автоматическое переключение на резервный источник позволяет избежать длительных простоев в работе и минимизировать потери для потребителей электроэнергии. Это особенно важно для объектов, где непрерывность электроснабжения имеет критическое значение, например, для медицинских учреждений, производственных предприятий или информационных центров.

Кроме того, защита дальнего резервирования способствует улучшению энергоэффективности и экономии ресурсов. Переключение на резервный источник позволяет оптимизировать работу системы электроснабжения, исключая лишнюю потребляемую энергию в периоды пиковой нагрузки и обеспечивая более рациональное использование электроэнергии [1].

Для достижения повышения эффективности защиты дальнего резервирования в распределительных сетях электроснабжения до 1000 вольт, требуется применение передовых технологий и разработка оптимальных решений.

Одним из ключевых аспектов в данном процессе является использование автоматических модулей защиты, способных оперативно и точно реагировать на возможные сбои и аварийные ситуации. Такие модули должны позволять быстро идентифицировать проблемные участки в сети, а также автоматически осуществлять переключение на резервные источники электропитания [4].

Важным этапом в повышении эффективности защиты является тщательный анализ и моделирование дальнего резервирования, чтобы определить наиболее оптимальные места для установки резервных источников питания. Это позволит обеспечить сокращение времени простоя и улучшение качества электроснабжения для потребителей.

Для успешной реализации проекта также требуется привлечение квалифицированных специалистов, способных провести необходимые измерения и испытания системы, а также внедрить современное оборудование в существующую инфраструктуру [3].

Таким образом, эффективность защиты дальнего резервирования в распределительных сетях электроснабжения до 1000 В заключается в повышении надежности системы, обеспечении непрерывности электроснабжения, улучшении энергоэффективности и экономии ресурсов. Данный элемент системы электроснабжения играет ключевую роль в обеспечении безопасности и эффективной работы энергосистемы, что делает его важным компонентом современных электроэнергетических систем.

Источники

1. Ванин В.К., Ванин И.В., Попов М.Г. Повышение точности измерения первичных напряжений в энергосистемах // Вестник Чувашского университета. 2019. № 3. С. 46–52.

2. Лapidус А.А. Моделирование и расчет электротеплового процесса в кабелях напряжением до 1000 В при коротких замыканиях // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2018. № 6(70). С. 93–98.

3. Попов М.Г. Автоматизированные системы контроля качества электроэнергии распределительных сетей // Энергетик. 2023. № 12. С. 34–35.

4. Васильева О.А., Асаинов Д.Н. Опыт внедрения цифровых технологий на ТЭЦ на базе многофункциональных измерительных приборов // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. 2019. Т. 25, № 3. С. 47–58. DOI: 10.18721/JEST.25303.

УДК 631.315.668.9

ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕПЕНИ ЗАЩИЩЕННОСТИ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ОТ УДАРОВ МОЛНИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОМПОЗИТНЫХ ОПОР ПО СРАВНЕНИЮ С ТРАДИЦИОННЫМИ ОПОРАМИ

Студеникин А.С.¹, Павлов А.А.², Галеева Р.У.³

^{1,2,3} ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹as2003andr75@gmail.com, ²art.pawlow2016@yandex.ru, ³raisa_gal.52@mail.ru

Одно из основных направлений развития электросетевого комплекса заключается в повышении надежности электроснабжения путем разработки и применения современных, инновационных конструкций опор и фундаментов. Проблема устойчивости таких опор к грозовым разрушениям остается актуальной, поскольку высокая стойка опоры может снижать их способность справляться с грозовыми воздействиями, что, в свою очередь, может потребовать применения дополнительных средств грозозащиты для линий

Ключевые слова: грозоустойчивость, грозовые отключения, грозозащита, композитные опоры, сопротивление заземляющего устройства.

INVESTIGATION OF THE DEGREE OF PROTECTION OF AN OVERHEAD POWER TRANSMISSION LINE FROM LIGHTNING STRIKES WHEN USING COMPOSITE SUPPORTS COMPARED WITH TRADITIONAL SUPPORTS

Studenikin A.S.¹, Pavlov A.A.², Galeeva R.U.³

^{1,2,3}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹as2003andr75@gmail.com, ²art.pawlow2016@yandex.ru, ³raisa_gal.52@mail.ru

One of the main directions of the development of the electric grid complex is to increase the reliability of power supply through the development and application of modern, innovative structures of supports and foundations. The problem of the stability of such supports to thunderstorm damage remains relevant, since a high support post can reduce their ability to cope with thunderstorm impacts, which, in turn, may require the use of additional lightning protection equipment for lines

Keywords: lightning resistance, lightning outages, lightning protection, composite supports, resistance of the grounding device.

Проведены исследования грозовых отключений для 100-километровой линии напряжением 110 кВ, учитывая различные варианты материалов стоек опор, такие как композитные материалы, железобетон и сталь [2]. Выбор типов опор произведен в соответствии с расчетными условиями для Республики Татарстан с учетом IV района по ветру и III району по гололеду.

Исследуемая модель представлена воздушной линией 110 кВ, установлены провода марки АС 120/19. Для применения в качестве опоры предлагается рассмотреть стандарты: ПК 110-1 для композитных опор, ПСБ 110-1 для железобетонных опор и ПС-110-5 для металлических опор [1].

Расчет количества отключений при ударе молнии в провод производится по следующей формуле[3]:

$$n_{np} = N_{нум} * P_{np} * P_{1np} * P_{\delta} * (1 - P_{анс}), \quad (1)$$

где $N_{нум}$ – кол-во ударов молнии; P_{np} – возможность прорыва молнии через тросовую защиту; P_{1np} – вероятность перекрытия изоляции при грозовом поражении; P_{δ} – вероятность перехода перекрытия в дугу короткого замыкания; $P_{анс}$ – вероятность успешного срабатывания АПВ.

Расчет количества отключений при ударе молнии в среднюю часть пролета с последующим обратным перекрытием с троса на провод проводится по формуле:

$$n_{np} = N_{тр} * P_{1тр} * P_{\delta} * (1 - P_{анс}), \quad (2)$$

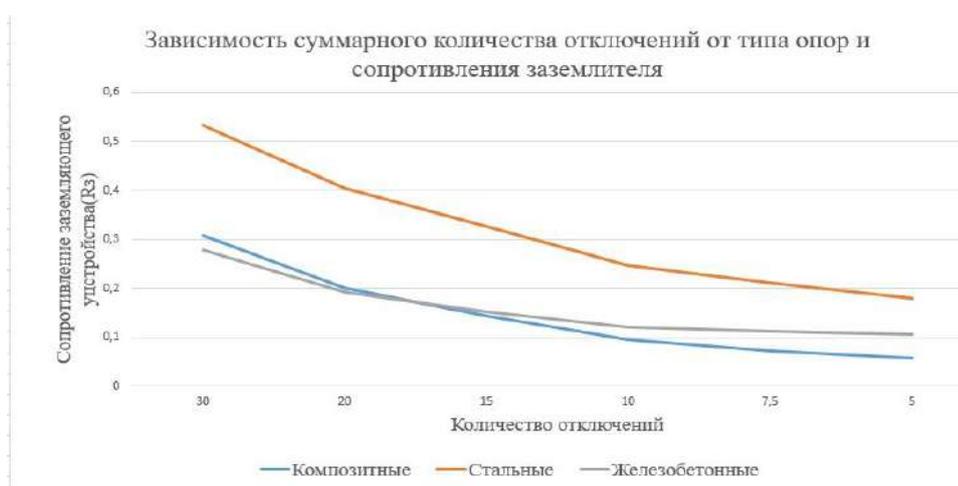
где $N_{тр}$ – удары молнии за один год;

$P_{1тр}$ – вероятность перекрытия гирлянды изоляторов при ударе

молнии в грозозащитный трос.

Для остальных видов опор вероятность обратного перекрытия гирлянды изоляторов также считается нулевой, что означает отсутствие отключения линии при попадании молнии в центр пролета [5].

Для полной оценки общего числа отключений электролинии в случае ударов молнии необходимо провести расчет, учитывая все факторы, для каждого вида опор [4]. Результаты расчетов представлены на графике (см. рисунок).



Зависимость суммарного количества отключений от типа опор и сопротивления заземлителя

Таким образом, проведенные расчеты указывают на то, что грозоустойчивость воздушных линий с использованием исследуемых композитных опор выше по сравнению с металлическими и железобетонными опорами.

Источники

1. Авдеюк Д. Н. Влияние климатических факторов на изменение параметров линии электропередачи // Молодой ученый. 2019. № 48. С. 32–35.

2. Данилов Г.А., Денчик Ю.М., Иванова Е.В., Палагушкин Б.В., Романов М.Н., Сальников В.Г., Солнцева Е.Н. Узкобазовая промежуточная опора ВЛ 110 кВ из композитных материалов для подхода к перегрузочным терминалам портов // Морские интеллектуальные технологии. 2020. № 4–1 (50). С. 175–179.

3. Галеева Р.У., Беляков К.Ю. Исследование влияния фазировки многопроводных линий электропередач на симметричный аварийный режим // Всерос. науч.-практ. конф. Казань, 2020. Т. 1, С. 167–174.

4. Елисеев, А. В. Влияние молниевой активности и антропогенных факторов на крупномасштабные характеристики природных пожаров / А. В. Елисеев, И. И. Мохов, А. В. Чернокульский // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. - 2017. - Т. 53. - № 1. - С. 3-14.

5. Adewole A. M., Adeyeye A. O., Ogunyinka A. A., & Adekunle A. A. (2018). Experimental investigation on the performance of composite intermediate supports in a corrosive environment. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 37(11), 1457-1471.

УДК 621.315.1

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ПЕРЕДАЧИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ: ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МЕТОДОВ

Студеникин А.С.¹, Павлов А.А.², Галеева Р.У.³

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹as2003andr75@gmail.com, ²art.pawlow2016@yandex.ru, ³raisa_gal.52@mail.ru

В результате анализа статистических данных выяснено, что Татарстан часто сталкивается с авариями на воздушных линиях электропередачи, особенно в осенне-зимний период из-за сильных ветров. Это создает серьезные проблемы для электросетевых организаций и подчеркивает необходимость улучшения устойчивости систем электроснабжения. В ответ на эти вызовы была предложена новая информационно-измерительная система контроля параметров воздушных линий. Внедрение этой новой системы позволит электросетевым организациям в Татарстане значительно повысить надежность и качество электроснабжения для потребителей

Ключевые слова: оптимизация, надежность, воздушные линии электропередачи, информационно-измерительная система, анализ

OPTIMIZATION OF TECHNOLOGIES AND STRATEGIES FOR MAINTENANCE OF OVERHEAD POWER TRANSMISSION LINES TO IMPROVE THE RELIABILITY AND EFFICIENCY OF THE NETWORK

Studenikin A.S.¹, Pavlov A.A.², Galeeva R.U.³

^{1,2,3}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹as2003andr75@gmail.com, ²art.pawlow2016@yandex.ru, ³raisa_gal.52@mail.ru

As a result of the analysis of statistical data, it was found out that Tatarstan often encounters accidents on overhead power lines, especially in the autumn-winter period due to strong winds. This creates serious problems for power grid organizations and highlights the need to improve the sustainability of power supply systems. In response to these challenges, a new information and measurement system for monitoring the parameters of overhead lines was proposed. The introduction of this new system will allow power grid organizations in Tatarstan to significantly improve the reliability and quality of power supply for consumers

Keywords: optimizing, durability, overhead transmission lines, information and measurement system, assay

С увеличением энергопотребления и развитием технологий, возникает необходимость в постоянном улучшении эффективности и надежности этих систем, поэтому вводятся новые методы, такие как - интеллектуальные системы мониторинга (ИСМ) [4].

Интеллектуальные системы мониторинга (ИСМ):

Сенсоры и датчики: ИСМ обычно включают в себя широкий спектр сенсоров и датчиков, установленных на воздушных линиях передачи, опорах, трансформаторах и других ключевых элементах электроэнергетической инфраструктуры. Эти датчики могут измерять различные параметры, такие как ток, напряжение, температуру, влажность, вибрации и состояние изоляции.

Системы передачи данных: Данные, собранные с помощью датчиков, передаются на центральный сервер для анализа. Обычно используются различные средства передачи данных, включая проводные и беспроводные сети связи, чтобы обеспечить доставку информации в реальном времени.

Процесс использования специальных алгоритмов и программного обеспечения помогает выявить аномалии, определить текущее состояние системы и прогнозировать возможные проблемы [3].

Интеллектуальные системы управления (ИСУ):

Автоматическое принятие решений: на основе результатов анализа данных ИСУ может автоматически принимать решения о действиях, необходимых для обеспечения нормального функционирования системы. Это может включать в себя автоматическое переключение нагрузки, управление регулировкой напряжения или резервирование запасных линий [5].

Система может автоматически регулировать нагрузку на основе прогноза пиковых нагрузок или оптимизировать распределение энергии для минимизации потерь в сети.

Управление аварийными ситуациями: В случае возникновения аварийных ситуаций, таких как обрывы линий или короткие замыкания, ИСУ могут автоматически реагировать для минимизации времени простоя и восстановления электроснабжения для потребителей [6].

Преимущества применения ИСМУ в воздушных линиях передачи:

Предотвращение аварийных ситуаций: ИСМУ позволяют операторам системы оперативно реагировать на возникающие проблемы и предотвращать возможные аварии или сбои в работе сети[1].

Улучшение надежности и доступности: благодаря непрерывному мониторингу и управлению, ИСМУ способствуют повышению надежности и доступности электроснабжения для потребителей.

Экономия времени и ресурсов: Автоматизация процессов мониторинга и управления позволяет сократить время на выявление и решение проблем, а также оптимизировать использование ресурсов, что в конечном итоге улучшает эффективность и экономичность работы системы [2].

Применение интеллектуальных систем мониторинга и управления в воздушных линиях передачи электроэнергии является эффективным способом повышения надежности, доступности и эффективности электроснабжения. Эти системы обеспечивают операторов сети информацией о текущем состоянии сети и позволяют принимать мгновенные решения для обеспечения стабильной работы системы. ИСМУ являются важным компонентом современных энергетических систем, обеспечивая непрерывное и качественное электроснабжение для потребителей.

Источники

1. Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2018 № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года». – 2018. – 19 с.

2. ПАО «Россети». Концепция «Цифровая трансформация – 2030». – М., 2018. – 31 с.

3. Дементьев С.С. Интеллектуальная система мониторинга гололёдообразования на воздушных линиях электропередачи: дис. канд. техн. наук. – Волгоград, 2019. – С. 142.

4. Listyukhin V.A., Pecherskaya E.A., Safronova O.A., Artamonov D.V. Systematization and monitoring of quality parameters of overhead power

transmission lines functioning // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 990 (2022) 012058. DOI: 10.1088/1755– 1315/990/1/012058.

5. Листюхин В. А., Печерская Е. А. Система контроля параметров воздушных линий электропередачи в режиме реального времени // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2021. №

6. С. 90–95. doi:10.21685/ 2227-8486-2021-4-8 3. Листюхин В.А., Печерская Е. А. Информационно-измерительная система контроля параметров воздушных линий электропередачи распределительных сетей 0,4–20 КВ // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике: XVI Всерос. открытая молодежная науч.-практ. конф. Казань, 2022. С. 328–330.

УДК 621.311

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ В ЛИТОМ КОРПУСЕ

Петров Алмаз Радикович

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Грачева Елена Ивановна

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

petroval13@mail.ru

В работе представлено сравнение аппаратов фирмы КЭАЗ, Schneider Electric, ABB, Legrand. Проведено исследование основных технических характеристик и рассчитаны вероятности безотказной работы низковольтных автоматических выключателей в литом корпусе.

Ключевые слова: низковольтные аппараты, автоматический выключатель, надежность, отказ оборудования.

ASSESSMENT OF THE RELIABILITY OF CIRCUIT BREAKERS IN MOLDED CASE

Petrov Almaz R.

Scientific advisor Gracheva Elena I.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

petroval13@mail.ru

The paper presents a comparison of devices from KEAZ, Schneider Electric, ABB, Legrand. The study of the main technical characteristics and calculated probabilities of failure-free operation of low-voltage circuit breakers in moulded case.

Keywords: low-voltage devices, circuit breaker, reliability, equipment failure.

Оценим параметры надежности автоматических выключателей в литом корпусе (АВЛК) различных фирм-производителей. Экспериментальным и расчетным методом было установлено, что показатели надежности зарубежных коммутационных аппаратов (Schneider Electric, ABB, Legrand) выше, чем у отечественных (КЭАЗ) [1]. Как правило, от этого зависит ресурс механической и электрической коммутации аппаратов [2, 3]. Основные характеристики исследуемых аппаратов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Основные технические характеристики АВЛК

Тип аппарата	Номинальный ток I_n , А	Количество циклов В-О мех./эл., ($N \cdot 10^3$)	Потери мощности на полюс ΔP , Вт	Стоимость, руб.
ВА04 (КЭАЗ)	16-125	10/8	1,5-11,5	7400-8300
	250	16/6	20,6	8800
	400	10/4	27,2	14280
ComPact NSX (Schneider Electric)	16-125	20/10	2,92-10,78	5500-23000
	160-200	20/10	13,95-15,4	25200
	250	10/5	18,75	42500
Tmax XT (ABB)	16-160	25/8	1,4-17	20300-38400
	250	20/8	21,4	54000
	400	20/7	31	61225
	630	20/7	39,6	75550
DPX (Legrand)	25-160	25/8	2,7-18	16600-41000
	250	20/8	22,5	43900
	400-630	10/5	35-46,5	54600-65900

Определим закон изменения вероятности безотказной работы автоматических выключателей в литом корпусе серии ВА04 (КЭАЗ), ComPact NSX (Schneider Electric), Tmax XT (ABB), DPX (Legrand) с

$I_H=100A$ в зависимости от количества циклов включения-отключения. Результаты расчета для исследуемых аппаратов приведены в таблице 2.

Таблица 2

Вероятность безотказной работы $P(t)$ АВЛК различных заводов-изготовителей с $I_H=100A$ для разного количества циклов

Кол-во циклов $N \cdot 10^3$	0,1	0,5	1	5	10	15	20
$P(t)$ ВА04	0,9956	0,9782	0,9569	0,8025	0,644	0,5168	0,4147
$P(t)$ ComPact NSX	0,9974	0,9871	0,9743	0,8781	0,7711	0,6771	0,5945
$P(t)$ Tmax XT	0,9970	0,9851	0,9704	0,8607	0,7408	0,6376	0,5488
$P(t)$ DPX	0,9962	0,9812	0,9627	0,8270	0,6839	0,5655	0,4677

Графические зависимости вероятности безотказной работы АВЛК серии ВА04, ComPact NSX, Tmax XT, DPX с $I_H=100A$ от количества циклов коммутаций приведены на рисунке.

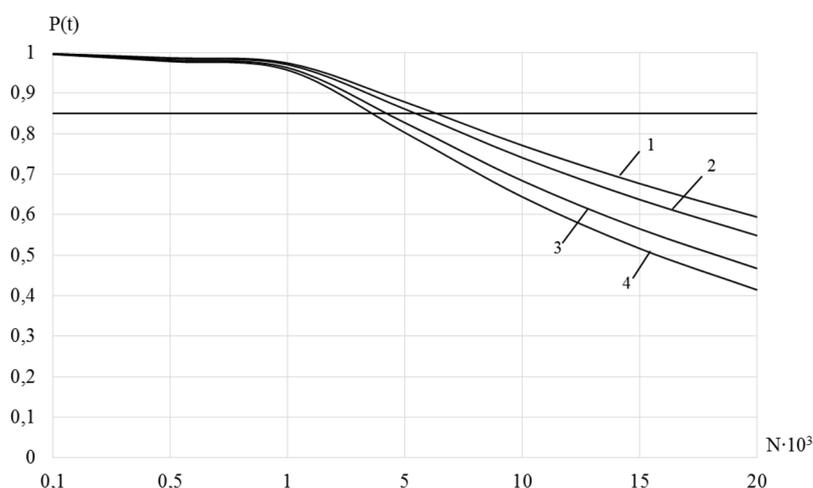


График зависимости вероятности безотказной работы АВЛК от количества циклов включения-отключения:

1 – ComPact NSX, 2 – Tmax XT, 3 – DPX, 4 – ВА04

Таким образом, в работе было проведено исследование вероятности безотказной работы низковольтных автоматических выключателей от количества циклов коммутации. Исходя из полученных данных видно, что аппараты фирмы Schneider Electric являются более надежными, в сравнении с другими фирмами производителями.

Источники

1. Петров А. Р., Грачева Е. И. Моделирование потерь мощности в контактных системах низковольтных коммутационных аппаратов // Омский научный вестник. 2023. № 2 (186). С. 126–133. DOI: 10.25206/1813-8225-2023-186-126-133.

2. Грачева Е. И., Наумов О. В., Горлов А. Н. Проблемы исследования эквивалентного сопротивления электрических цеховых сетей низкого напряжения // Вестник КГЭУ. 2019. №3 (43).

3. Петров А. Р. и др. Исследование технических параметров магнитных пускателей и рубильников, устанавливаемых в цеховых сетях. Вестник МГТУ. 2023. Т. 26, № 4. С. 384–394. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2023-26-4-384-394>.

УДК 621-311

АНАЛИЗ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Петрова Рената Маратовна

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Грачева Елена Ивановна

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

1998renata@mail.ru

В работе представлено описание функционирования систем электроснабжения промышленных предприятий. Приведен анализ основного электрооборудования по уровням для схемы электроснабжения, наиболее часто подверженное отказам.

Ключевые слова: электрооборудование, отказоустойчивость, надежность, функционирование системы электроснабжения, уровень энергосистемы.

FAILURE TOLERANCE ANALYSIS OF POWER SUPPLY SYSTEMS

Petrova Renata M.

Scientific advisor Gracheva Elena I.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

1998renata@mail.ru

The article describes the functioning of power supply systems of industrial enterprises. The analysis of the main electrical equipment for the power supply scheme, most often subject to failures, is given.

Keywords: electrical equipment, fault tolerance, reliability, power supply system operation, power system level.

В настоящее время перед специалистами по управлению отказоустойчивостью систем электроснабжения промышленных предприятий стоят новые задачи [1]. Если раньше оценка отказоустойчивости выполнялась по отдельным единицам оборудования, то теперь она выполняется на всей системе в целом, реже – по уровням энергосистемы.

Следует отметить, что проблема надежности работы электроэнергетических систем промышленных предприятий затрагивается в работах [2, 3] и многих других.

На рисунке приведена схема электроснабжения, для которой рассчитывается частота отказов μ_i , час⁻¹×10⁻⁵.

Схему электроснабжения визуально можно поделить на три уровня. Первый уровень – электрические двигатели 0,4 кВ. Второй уровень включает в себя автоматические выключатели 0,4 кВ, магнитные пускатели и контакторы, а также кабельная линия 0,4 кВ. К третьему уровню относятся: секция шин, трансформатор 10/0,4 кВ и отходящие кабельные линии.

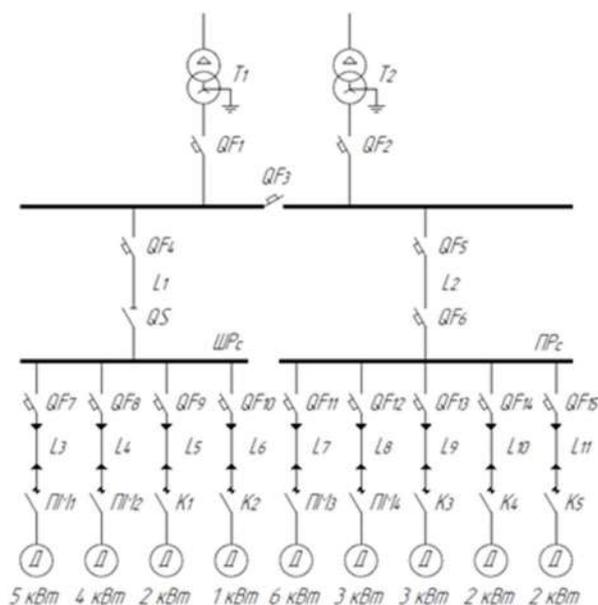


Схема электроснабжения

Исходными данными для расчетов частоты отказов μ_i являются показатели надежности электрооборудования и их основные функции распределения.

Частота отказов μ_i электрооборудования по уровням системы приведена в таблице.

Оборудование схемы электроснабжения, подверженное отказам

Уровень системы	Оборудование уровня	Частота отказов μ_i , час ⁻¹ ×10 ⁻⁵
1	Электрический двигатель 0,4 кВ	0,015
2	Магнитный пускатель	0,018
	Контактор	0,018
	Автоматический выключатель 0,4 кВ	0,022
	Кабельная линия 0,4 кВ	0,02
3	Трансформатор 10/0,4 кВ	0,029
	Кабельная линия 0,4 кВ	0,02
	Секция шин	0,001

Проведенный расчет частоты отказов позволяет наиболее точно определять проблемные места в надежности низковольтных сетей, а также определять очередность и периодичность вывода электрооборудования на техническое обслуживание и в плановый ремонт.

Источники

1. Шпиганович А.Н. и др. Основы анализа отказоустойчивости сложных систем электроснабжения / А.Н. Шпиганович, А.А. Шпиганович, Е.И. Грачева, Р.М. Петрова. – Казань: Отечество, 2024. – 81 с. ISBN 978-5-9222-1801-6.
2. Петрова Р. М., Грачева Е. И. Алгоритмы оценки основных параметров надежности низковольтного оборудования схем цеховых сетей // Омский научный вестник. 2024. № 1 (189). С. 93–102. DOI: 10.25206/1813-8225-2024-189-93-102.
3. Петрова Р. М. и др. Методы оценки надежности схем внутрицехового электроснабжения. Вестник МГТУ. 2023. Т. 26, № 4. С. 395–409. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2023-26-4-395-409>.

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОТЫ ПОПАРНО РАБОТАЮЩИХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Сабиров Ансель Эмилевич

Науч. рук. старший преп. Хасанов Шамиль Рашидович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
Sabirov_ansel@mail.ru

В статье рассмотрена автоматизация трех попарно работающих электродвигателей с помощью программируемого логического реле (ПЛР) представляет собой эффективное решение, обеспечивающее управление сложными процессами. Также возможность дублирования системы (ПЛР) с использованием промежуточных реле дополнительно повышает ее надежность и безопасность эксплуатации. Это позволяет достигать высокого уровня автоматизации производственных процессов, снижать риски и оптимизировать расходы.

Ключевые слова: автоматизация, промежуточные реле, ПЛР, надежность.

AUTOMATION OF OPERATION OF PAIRED ELECTRIC MOTORS

Sabirov Ansel E.

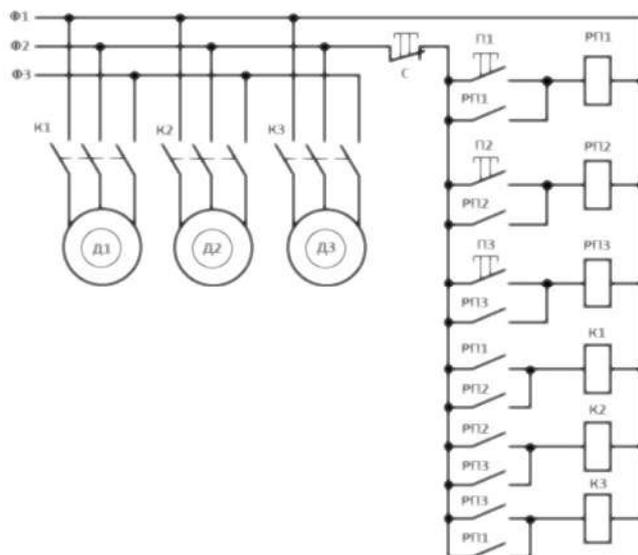
Scientific advisor Khasanov Shamil R.
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
Sabirov_ansel@mail.ru

The article discusses the automation of three paired electric motors using a programmable logic relay (PLR), which is an effective solution for managing complex processes. Also, the possibility of duplicating the system (PLR) using intermediate relays further increases its reliability and operational safety. This allows you to achieve a high level of automation of production processes, reduce risks and optimize costs.

Keywords: automation, intermediate relays, PLR, reliability.

Автоматизация производственных процессов на промышленных предприятиях играет ключевую роль в повышении эффективности, надежности и безопасности работы оборудования. Одной из таких задач является автоматизация работы трех электродвигателей, которые должны работать попарно в зависимости от требований процесса. Решение этой задачи возможно с использованием промежуточных реле или ПЛР [2].

Система автоматизации должна обеспечивать пуск через определенную выдержку времени, остановку, реверсирование и защиту двигателей, а также их взаимодействие между собой. Каждый двигатель управляется через свой контактор, который подключает или отключает двигатель от источника питания. Промежуточные реле используются для логической связи между контакторами двигателей, позволяя им синхронизировать работу.



Станция управления тремя двигателями, работающими попарно с возможностью реверса, представляет собой комплексное устройство, предназначенное для точного и надежного контроля над работой механизмов. Такие системы находят применение в различных отраслях, включая морской транспорт, где требуется управление винтами судна, в производственных линиях, где необходимо изменять направление движения конвейерных лент, в химической промышленности, где такая станция управления дает стабильность в процессах, таких как перемешивание, транспортировка химических компонентов или вентиляция.

Современная промышленность требует высокой надежности и гибкости в управлении электродвигателями. Одним из решений, обеспечивающих эти требования, является система управления на основе промежуточных реле, дублирующих логику управления ПЛР. Такой подход позволяет обеспечить непрерывность работы важных производственных процессов и минимизировать время простоя при возникновении нештатных ситуаций. В такой системе каждый

электродвигатель подключается через свой контактор, который управляется сигналами от ПЛР. В случае выхода из строя основной логики управления (управление от ПЛР), ее функции мгновенно перенимает дублирующая логика управления, выполненная на промежуточных реле, что позволит избежать длительных простоев и снизит риски для производственного процесса. Преимуществом использования промежуточных реле в реализации дублирующей логики управления, является обеспечение необходимой изоляции цепей управления от цеховой сети и безопасность при коммутации высоких токов, характерных для промышленных электродвигателей.

Для успешной работы всей системы важно обеспечить правильное программирование ПЛР, которое включает в себя логику управления двигателями, а также возможность переключения на дублирующую логику управления. Также необходимо регулярно проводить тестирование системы, чтобы убедиться в её готовности к мгновенному переключению управления в случае возникновения нештатных ситуаций.

Интеграция ПЛР с дублированием логики управления через промежуточные реле в системе управления тремя электродвигателями представляет собой надежное решение для промышленности. Эта конфигурация обеспечивает высокую степень автоматизации, надежность и безопасность производственных процессов. Дублирование ПЛР является важным элементом для предприятий, для которых критичны непрерывность работы и минимизация времени простоя. Такая система управления является оптимальным выбором для обеспечения стабильной и эффективной работы оборудования [1].

Источники

1. И. В. Харизоменов, Г. И. Харизоменов «Электрооборудование станков и автоматических линий» // Машиностроение, 1977. С. [83-95].
2. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / Под ред. проф, В. П. Дьяконова. — М.: СОЛОН-Пресс, 2004. — 256 с : ил. — (Серия «Библиотека инженера»).

АНАЛИЗ ТОКООГРАНИЧЕНИЯ ПРИ ТРЕХФАЗНОМ КОРОТКОМ ЗАМЫКАНИИ В КАБЕЛЬНОЙ ЛИНИИ 0,4 КВ

Сафонов Александр Шамилевич¹, Галеева Раиса Усмановна²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹samarkand.987@mail.ru,²raisa_gal.52@mail.ru

В статье показано влияние токоограничения на параметры симметричного короткого замыкания. Рассмотрены преимущества применения быстродействующих выключателей в линиях 0,4 кВ. Представлены результаты моделирования симметричного переходного процесса в среде *MATLAB/Simulink*.

Ключевые слова: имитационная модель, токоограничение, быстродействующие выключатели, трехфазное короткое замыкание, MATLAB, тепловой импульс.

ANALYSIS OF CIRCUIT LIMITATION ON THREE-PHASE SHORT CIRCUIT IN A CABLE LINE 0,4 KV

Safonov Aleksandr Sh.¹, Galeeva Raisa U.²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹samarkand.987@mail.ru, ²raisa_gal.52@mail.ru

The article shows influence of a circuit limitation on symmetrical short circuit parameters. The advantages of using high-speed circuit breakers in 0.4 kV lines are considered. The results of modeling a transient process performed in the MATLAB/Simulink environment are presented.

Keywords: imitational model, circuit limitation, high-speed circuit breaker, three-phase short circuit, MATLAB, thermal impulse.

При появлении короткого замыкания в энергосистеме поврежденная фаза испытывает сильный нагрев, который вызван большими токами КЗ[1]. В некоторых случаях термической стойкости кабеля может не хватить для дальнейшей эксплуатации. В этом случае для уменьшения длительности и величины КЗ используют токоограничение.

Принцип токоограничения заключается в том, что время существования короткого замыкания ограничивается за счет применения быстродействующих выключателей [2], срабатывающих за время одной полуволны [3].

Тепловое воздействие тока КЗ на кабель оценивается величиной теплового импульса (интеграла Джоуля).

Формула для расчета теплового импульса показана ниже:

$$B_k = \int_0^{t_k} i_k^2 dt, \quad (1)$$

где B_k – значение теплового импульса, i_k – величина тока короткого замыкания, t_k – время прекращения воздействия КЗ.

Для моделирования переходного процесса в комплексе *MATLAB* [4] была построена система мощностью 16 МВА, ступенями трансформации 110/10/0.4 кВ и кабельной линией ААШв 3х240.

В результате моделирования значение ударного тока КЗ в опыте без токоограничения составляло 7087 А. В случае наличия токоограничения значение тока КЗ не успевает достигнуть своего максимума (рис. 1) за счет срабатывания быстродействующего выключателя. При токоограничении значение ударного тока КЗ снижается до 5795 А.

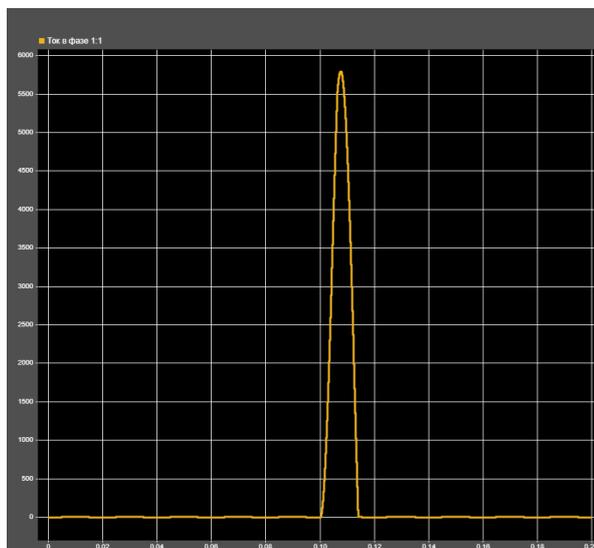


Рис. 1. Оциллограмма тока КЗ в опыте с токоограничением

Величина теплового импульса в опыте без токоограничения (рис. 2, а) достигает 734 кА²·с. За счет срабатывания быстродействующего выключателя (рис. 2, б) величина интеграла Джоуля уменьшается до 195 кА²·с.

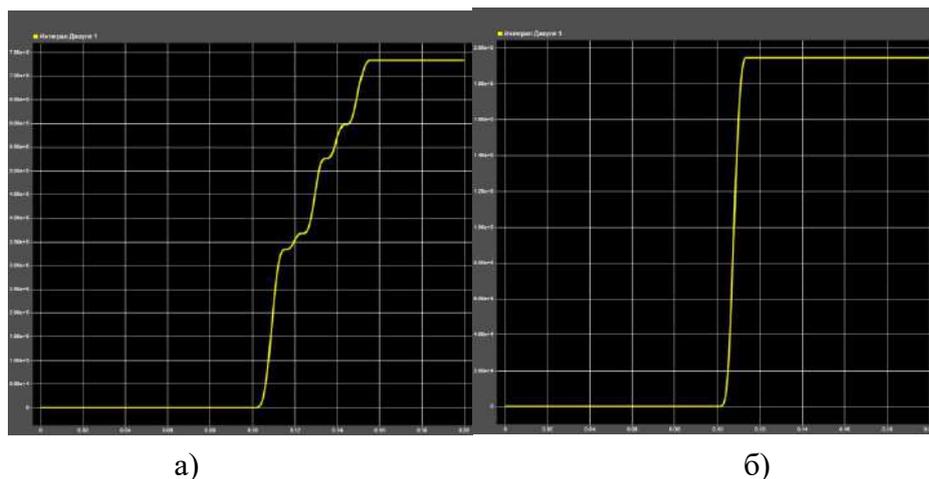


Рис. 2. Осциллограммы интеграла Джоуля: а – без токоограничения; б – с токоограничением.

В результате моделирования было выяснено, что за счет применения токоограничения в сетях 0,4 кВ величина теплового импульса снижается на 73%. Поэтому применение быстродействующих выключателей [5] в низковольтных сетях позволяет снизить требования по термической и электродинамической стойкости кабелей и уменьшить номинальный ток отключения нижестоящих выключателей.

Источники

1. ГОСТ Р МЭК 60949-2009. Национальный стандарт РФ. Расчет термически допустимых токов короткого замыкания с учетом неадиабатического нагрева.
2. Current Limiting Circuit Breakers. Technical Paper. ABB [Электронный ресурс]. URL: <https://library.e.abb.com/public/136e3162135949f48b30027155e7f1d2/Current%20limiting%20circuit%20breakers8-14.pdf> (Дата обращения 27.01.2024).
3. Du, Yi&Deng, Junpeng&Lin, Hongyang&Zheng, Huan&Xiang, Kangli&Shen, Yu. (2018). Research and experiment of a current-limiting HVDC circuit breaker. The Journal of Engineering. 2019. 10.1049/joe.2018.8724.
4. Черных И. В. «Моделирование электротехнических устройств в MATLAB SimPowerSystems и Simulink» - М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008, 288 с.
5. Сверхбыстродействующие выключатели ВВ/TEL [Электронный ресурс]. URL: <https://forca.ru/stati/podstancii/sverhbystrodeystvuyuschie-vyklyuchateli-vv-tel.html> (Дата обращения 29.01.2024).

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ КАК СПОСОБ СНИЖЕНИЯ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА ПЛАНЕТЫ

Сурикова Ольга Павловна

Науч. рук. канд. физ. - мат. наук, доц. Денисова Наталья Вячеславовна

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

Lelyarads07.14@gmail.com, natali.denisova@bk.ru

В статье оспаривается мнение о том, что повышение энергоэффективности является эффективной политикой для сокращения национального энергопотребления и, соответственно, выбросов CO₂. В данной статье рассматривается, как энергоэффективность может помочь в снижении углеродного следа планеты и какие меры могут быть предприняты для ее дальнейшего увеличения.

Ключевые слова: углеродный след, энергоэффективность, парниковые газы, сокращение выброса углерода, изменение климата.

ENERGY EFFICIENCY AS A WAY TO REDUCING THE PLANET'S CARBON FOOTPRINT

Surikova Olga P.

Scientific advisor Denisova Natalia V.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

Lelyarads07.14@gmail.com, natali.denisova@bk.ru

The article challenges the view that improving energy efficiency is an effective policy for reducing national energy consumption and therefore CO₂ emissions. In this article, we look at how energy efficiency can help reduce the planet's carbon footprint and what steps can be taken to increase it further.

Keywords: carbon footprint, energy efficiency, greenhouse gases, carbon emission reduction, climate change.

В условиях нарастающей глобальной угрозы изменения климата, внимание всего мира все более сосредотачивается на поиске путей снижения уровня выбросов парниковых газов. Один из наиболее перспективных методов достижения этой цели - увеличение энергоэффективности [1].

Углеродный след. Данный показатель отражает общий объем выбросов парниковых газов (водяной пар, диоксид углерода, метан, закись азота и т.д.). Прямые выбросы включают выбросы от деятельности, над

которой организация имеет полный контроль, и выбросы от использования электроэнергии. Они относятся к общему объему прямых выбросов парниковых газов при сжигании ископаемого топлива для выработки электроэнергии.

Прежде всего, необходимо понимать, что производство и использование энергии сопряжено с выбросами углерода и других парниковых газов, которые являются основными причинами глобального потепления и изменения климата. Увеличение энергоэффективности позволяет снизить этот негативный вклад в окружающую среду, так как для получения такого же количества энергии требуется меньше ресурсов, что в конечном итоге приводит к снижению выбросов [2].

Примеры мер по увеличению энергоэффективности [4]:

- Энергоэффективные здания: строительство и реконструкция зданий с применением современных изоляционных материалов, энергоэффективных окон и систем отопления и кондиционирования воздуха могут значительно снизить потребление энергии для обогрева и охлаждения.
- Транспорт: внедрение электрических и гибридных автомобилей, а также развитие общественного транспорта и велосипедных дорожек способствует сокращению выбросов углерода, связанных с транспортным сектором.
- Промышленность: использование современных технологий и оборудования, таких как энергоэффективные двигатели, системы рекуперации тепла и автоматизированные процессы производства, помогают снизить энергопотребление и углеродный след предприятий.

Ситуация в разных странах с углеродным следом

	Россия	США	Китай	ЕС	Индия
Энергетика	является одним из крупнейших производителей и потребителей углеводородов, что ведет к значительным выбросам	вливают на уровень углеродного следа из-за высокой доли использования угля и нефти в производстве электроэнергии	является крупнейшим потребителем угля в мире, что ведет к огромным выбросам углекислого	сокращает углеродный след, внедряя строгие стандарты по потреблению энергии и стимулируя возобновляемые источники	Главным источником углеродного следа является угольная энергетика и неэффективное использован

	углерода		о газа	энергии	ие энергоресурс ов
Транспорт	Устаревший автопарк и недостаточно использование общественного транспорта основные источники выбросов углерода.	Высокий объем автомобильных перевозок и недостаточная осведомленность о природоохранной проблематике.			Развитие общественного транспорта и использование электромобилей помогают уменьшить выбросы углерода.
С/хоз.					Сжигание полей после урожая и недостаточная утилизация отходов сельского хозяйства усиливают проблему.

Меры для снижения выбросов углерода и борьбы с изменением климата в России и других странах являются ключевыми вопросами на современном этапе [3].

В России:

Лесозащитные меры: охрана лесов и содействие лесопользованию с целью уменьшения выбросов углерода.

Развитие городской среды: создание зеленых парков, улучшение городской архитектуры с учетом экологических стандартов.

В других странах:

Европейский союз: разработка и реализация программ по снижению выбросов парниковых газов и развитие возобновляемых источников энергии.

США: принятие мер по сокращению использования ископаемых топлив, развитие солнечной и ветровой энергетики.

Китай: ограничение использования угля и переход к более чистым источникам энергии, таким как гидроэнергетика и солнечная энергия.

Индия: внедрение технологий и мер по сокращению выбросов углерода в производстве, а также улучшение качества воздуха в городах.

Источники

1. Соколов А. Б. "Энергосбережение и повышение энергоэффективности как средства снижения углеродного следа планеты" // Экологическая безопасность и природопользование. 2019С.78–89.

2. Иванов П. Н. «Энергоэффективность и уменьшение выбросов парниковых газов: пути достижения глобальных целей в области климата»// Энергетика и экология. 2018.12(2). С. 45–58.

3. Харитоновна Н.А., Харитоновна Е.Н., Пуляева В.Н. Углеродный след России: реалии и перспективы экономического развития // Экономика промышленности. – 2021. – Т. 14. – № 1. – С. 50-62.

4. Петров М. И., Смирнова Е. К. «Энергоэффективные технологии в промышленности: опыт России» // Энергетика и экономика.2020. 14(3). С. 67–81.

УДК 621.314.222.7

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ С ВОЛЬТДОБАВОЧНЫМИ ТРАНСФОРМАТОРАМИ

Сурикова Ольга Павловна ¹, Долломанюк Леонид Владимирович ²

^{1,2} ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

Lelyarads07.14@gmail.com, leonid-888@mail.ru

В статье рассматриваются факторы, влияющие на эффективность работы вольтдобавочных трансформаторов. Также учитываются конкретные особенности электросети и основные потребности потребителей при выборе оптимального варианта вольтдобавочного трансформатора. Введение в тему энергоэффективности с

вольтдобавочными трансформаторами открывает перед специалистами и инженерами новые возможности для оптимизации работы систем электроснабжения и снижения нагрузки на энергетические ресурсы.

Ключевые слова: энергоэффективность, вольтдобавочный трансформатор, надежность, стабильное напряжение, линии электропередачи, потери, качество электроэнергии.

ENERGY EFFICIENCY WITH VOLTAGE BACKUP TRANSFORMERS

Surikova Olga P. ¹, Dolomanyuk Leonid V. ²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

Lelyarads07.14@gmail.com, leonid-888@mail.ru

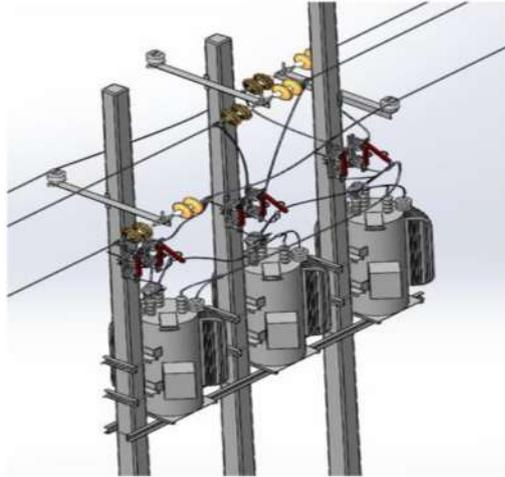
The article discusses the factors influencing the efficiency of booster transformers. The specific features of the power grid and the basic needs of consumers are also taken into account when choosing the optimal option for a booster transformer. An introduction to the topic of energy efficiency with booster transformers opens up new opportunities for specialists and engineers to optimize the operation of power supply systems and reduce the load on energy resources.

Keywords: energy efficiency, booster transformer, reliability, stable voltage, power lines, losses, power quality.

В современном мире повышение энергоэффективности становится все более актуальной проблемой, особенно в контексте стремительного развития технологий и увеличения потребления электроэнергии. Одним из инновационных решений, направленных на улучшение эффективности систем электроснабжения, являются вольтдобавочные трансформаторы.

Эти устройства помогают поддерживать стабильное напряжение в сети, увеличивая его при уменьшении нагрузки и таким образом уменьшая энергопотери и повышая общую эффективность системы [1].

Важной особенностью вольтдобавочных трансформаторов является наличие специальных обмоток для добавочного напряжения, что позволяет увеличить эффективность передачи электроэнергии на большие расстояния и сократить потери, особенно на длинных линиях электропередачи [2].



Особенности электросети, которые важно учитывать при выборе оптимального вольтодобавочного трансформатора, включают в себя [3]:

- Напряжение сети: необходимо выбирать трансформатор, подходящий для напряжения вашей электросети (обычно 220В или 380В).
- Мощность трансформатора: это определяет максимальную нагрузку, которую может выдержать трансформатор. Необходимо выбирать трансформатор с запасом по мощности для обеспечения стабильной работы.
- Габариты и размеры: следует учитывать размеры трансформатора, чтобы он удобно помещался в необходимое помещение.

Основные потребности потребителей при выборе оптимального варианта вольтодобавочного трансформатора могут включать:

- Надежность и долговечность устройства: потребители ищут трансформаторы высокого качества, которые будут работать стабильно и без сбоев на протяжении долгого времени.
- Энергоэффективность: потребители могут быть заинтересованы в трансформаторах, которые обеспечивают оптимальное использование энергии и снижают расходы на электроэнергию.
- Удобство использования: потребители могут предпочитать компактные и легкие в установке трансформаторы, которые не требуют специальных навыков для установки и обслуживания.

Кроме того, применение вольтодобавочных трансформаторов способствует улучшению качества электроэнергии, что важно для обеспечения стабильной работы оборудования, защиты от перенапряжений и повышения эффективности электротехнических систем [4].

Примеры успешной реализации вольтодобавочных трансформаторов для повышения энергоэффективности могут быть найдены в различных областях промышленности и гражданского сектора. Одним из ярких

примеров является использование вольтодобавочных трансформаторов в солнечных электростанциях. Солнечные электростанции, работающие на основе фотоэлектрических панелей, часто имеют разные уровни напряжения, которые не всегда соответствуют стандартным характеристикам энергосети.

В таких случаях вольтодобавочные трансформаторы используются для повышения или понижения напряжения в соответствии с требованиями сети. Повышение энергоэффективности за счет использования вольтодобавочных трансформаторов позволяет снизить расходы на энергопотребление и улучшить производственные показатели предприятия [5].

Таким образом, примеры успешной реализации вольтодобавочных трансформаторов для повышения энергоэффективности подтверждают их значимость в современных энергетических системах.

Источники

1. Васильева Т.Н. Надежность электрооборудования и систем электроснабжения. – М.: Горячая линия – Телеком, 2014.

2. Вольтодобавочные трансформаторы. Общие технические требования: СТО 34.01-3.2-013-2017. Стандарт организации ПАО «Россети», введ. 02.08.2017. – 43 с. // www.rosseti.ru. – Режим доступа 06.03.2024.

3. Воробьева Д.Ю., Глушкова А.И., Долгопол Т.Л. Повышение энергоэффективности систем электроснабжения // Автоматизация и ИТ в энергетике. 2016. №6. С. 38–40.

4. Жилин М.И., Воркунов О.В. Повышение качества электрической энергии // Приоритетные направления развития науки : Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции. В 2-х частях. Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Научное партнерство "Апекс", 2017. С. 83–85.

5. Рыбников Д.А. Применение вольтодобавочных трансформаторов в распределительных сетях 0,4 кВ ОАО «МРСК Центра» // ЭНЕРГОЭКСПЕРТ. 2011. № 3.

ПРИМЕНЕНИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ С ЭЛЕКТРОННЫМ РАСЦЕПИТЕЛЕМ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Хасанов Тагир Азатович¹, Сафонов Александр Шамильевич²

Науч. рук. канд. тех. наук. Гаврилов Вадим Александрович

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹tagir02@bk.ru, ²sashauchastkin@gmail.com

Современное развитие технологий и автоматизации производственных процессов требует использования передовых систем управления, включая высокотехнологичные элементы, такие как выключатели с электронным расцепителем. Эти устройства обеспечивают надежное и эффективное управление энергопотреблением, защиту оборудования от перегрузок и коротких замыканий, а также позволяют существенно повысить уровень безопасности на предприятии.

Ключевые слова: электроснабжение, низковольтные выключатели, электронный расцепитель, удаленное управление, диспетчеризация систем электроснабжения предприятием.

APPLICATION OF CIRCUIT BREAKERS WITH ELECTRONIC RELEASES FOR AUTOMATED INDUSTRIAL CONTROL SYSTEMS

Khasanov Tagir A. ¹, Safonov Alexander Sh. ²

Scientific advisor Gavrilov Vadim A.

^{1,2}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹tagir02@bk.ru, ²sashauchastkin@gmail.com

Modern developments in technology and automation of production processes require the use of advanced control systems, including high-tech elements such as electronic circuit breakers. These devices help you reliably and efficiently manage energy consumption, protect equipment from overloads and short circuits, and improve industrial safety.

Keywords: power supply, low-voltage circuit breakers, electronic disconnecter, remote control, dispatching of industrial power-supply systems.

Для более точного контроля сетей внутрицехового электроснабжения применяются выключатели с электронными или

полупроводниковыми расцепителями [1], которые позволяет менять вольт-амперные характеристики срабатывания в зависимости от требований сети.

За счет применения микропроцессорной защиты, они могут быть интегрированы в автоматизированную систему управления энергообеспечением (АСУЭ) [2].

Применение выключателей с электронным расцепителем для автоматизации управления предприятием [3] позволяет существенно сократить время на поиск и устранение аварий, повысить энергоэффективность производственных процессов и снизить расходы на обслуживание и ремонт оборудования.

Отечественными производителями выключателей с электронными расцепителями являются *IEK, Dekraft, EKF, SystemeElectric*.

Выключатели *Dekraft* с электронным расцепителем (рис. 1) позволяют регулировать уставки по току и времени срабатывания в зависимости от параметров электрической сети и требований селективности. Они применяются для установки в ГРЩ, ВРУ и прочих распределительных устройствах в качестве вводных аппаратов защиты.



Рис.1. Выключатель *Dekraft BA-353E*

В общем случае управления характеристиками срабатывания происходит за счет изменения параметров в блоках управления, которые могут быть представлены с ручной или электронной регулировкой (рис. 2).

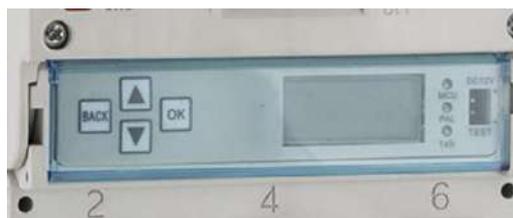


Рис. 2. Блок электронного расцепителя *EKFAVERES*

Преимуществами применения автоматических выключателей с электронными расцепителями являются:

- Наличие четырех ступеней срабатывания защиты;
- Возможность реализации защиты от однофазных коротких замыканий на корпус или землю как одной из ступеней защиты;
- Возможность реализации логических защит, логической селективности;
- Функция измерения электрических параметров;
- Возможность работы в системах диспетчеризации электроснабжения.

Время срабатывания выключателей с электронными расцепителями не зависит от температуры окружающей среды, что способствует более быстрому срабатыванию выключателя при включении на короткое замыкание [4]. Однако, недостатками этого типа коммутационных аппаратов является дороговизна и подверженность воздействию электромагнитных полей.

Источники

1. Автоматизация и диспетчеризация систем электроснабжения [Текст] / Смурнов Е. С. - Москва : Лаборатория Книги, 2010. - [102] с. : ил., табл.; ISBN 978-5-905785-02-3
2. Карницкий Валерий Юльевич, Сухова Юлия Валерьевна. "Диспетчеризация электроснабжения промышленных предприятий" Известия Тульского государственного университета. Технические науки, №. 12-1, 2017, стр. 146-149.
3. Учебное пособие по курсу "Автоматизация систем электроснабжения". Применение микропроцессоров при автоматизации систем промышленного электроснабжения / Э. А. Киреева, П. В. Гугучкин; Ред. В. К. Раков; Моск. энерг. ин-т, [Каф. электроснабжения пром. предприятий]. - Москва : МЭИ, 1987. - 60 с.
4. Грачева Е.И., Горлов А.Н., Шакурова З.М. Анализ и оценка экономии электроэнергии в системах внутриводского электроснабжения. Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2020;22(2):65-74. <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2020-22-2-65-74>

СРАВНЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ПРОВОДОВ НА ОПОРАХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Хасанов Тагир Азатович

Науч. рук. старший преп. Галеева Раиса Усмановна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
tagir02@bk.ru,

В современном энергетическом секторе вопрос эффективности передачи и распределения электроэнергии является крайне важным. Одним из ключевых аспектов здесь являются потери энергии в линиях передачи. Эти потери на протяжении всего энергоснабжающего цикла могут быть существенными и приводят к недополучению энергии конечными потребителями. Поэтому изучение и определение потерь электроэнергии линии в зависимости от конструкции является актуальной исследовательской задачей.

Ключевые слова: сопротивление, магнитное поле, потери, коронный разряд, прямая елка, обратная елка.

COMPARISON OF WIRE DESIGNS ON POWER LINE SUPPORTS

Khsanov Tagir.A.

Scientific advisor Galeeva Raisa U.
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
tagir02@bk.ru

In the modern energy sector, the issue of efficiency in the transmission and distribution of electricity is of utmost importance. One of the key aspects here is energy loss in transmission lines. These losses throughout the entire energy supply cycle can be significant and lead to a lack of energy received by end consumers. Therefore, the study and determination of line losses depending on the design is an urgent research task.

Keywords: resistance, magnetic field, losses, corona discharge, forward tree, reverse tree.

Потери в линиях передачи электроэнергии возникают из-за сопротивления проводников, электромагнитных потерь, индуктивных и емкостных потерь, силы тока и других факторов. Они зависят от

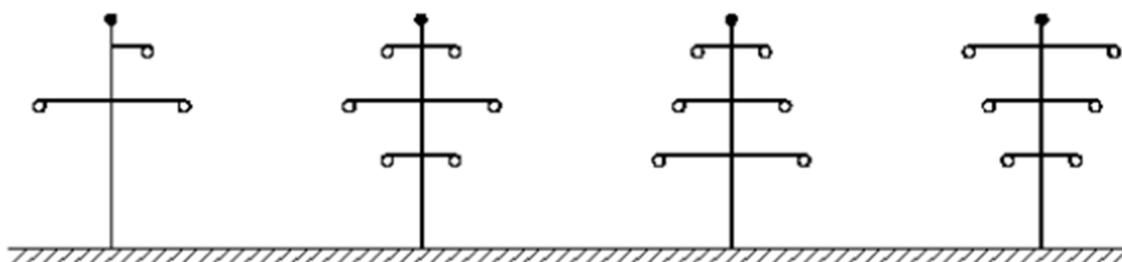
множества параметров, включая конструкцию линии и используемые материалы.

Потери энергии в электроэнергетических линиях могут быть вызваны различными факторами, такими как:

- Сопротивление проводов: наличие сопротивления в проводах приводит к потере части энергии в виде тепла из-за эффекта Джоуля [1].

- Рассеяние магнитного поля: магнитное поле, создаваемое электрическими токами в проводах, может вызвать потери энергии из-за эффекта рассеяния [2].

- Индуктивность и емкость: электрические поля в окружающем пространстве могут вызывать потери энергии из-за индуктивности и емкости.



Расположение проводов на опорах линий электропередачи

Расположение проводов на опорах линий электропередачи (см. рисунок) «бочкой» (или «ромбом») представляет собой специфическую конфигурацию [3], где провода укладываются под углом друг к другу, образуя ромбовидную или бочкообразную структуру. Это имеет несколько особенностей:

- Уменьшение взаимного воздействия проводов: при таком распределении проводов уменьшается взаимное воздействие магнитных полей, создаваемых током в проводах. Это может снизить электрические потери и помехи.

- Снижение коронных разрядов: когда провода располагаются близко друг к другу, коронные разряды (ионизация воздуха вокруг проводов) могут быть менее вероятными или менее интенсивными, что может снизить потери энергии и уменьшить влияние на окружающую среду.

Расположение проводов на опорах линий электропередачи в форме «прямой елки» представляет собой специфическую конфигурацию, в которой провода уходят от верхней точки опоры, расходясь в стороны под углом,

создавая форму, напоминающую ветви елки. Это имеет несколько характерных особенностей:

-Эффективное охватывание площади: разветвленная структура «прямой елки» спроектирована для эффективного охвата большой площади и обеспечения передачи электроэнергии на расстояниях между опорами.

-Разветвление проводов: после верхней точки опоры провода разделяются, напоминая ветви елки. Это распределение может помочь в снижении магнитных взаимодействий и электрических потерь.

Конфигурация «обратная елка» для линий электропередачи подразумевает, что провода на опорах расходятся вниз от верхней точки, образуя структуру, напоминающую ветви обратной елки. Вот несколько особенностей этой конфигурации:

-Минимизация магнитных взаимодействий: угловая структура обратной елки может способствовать уменьшению магнитных взаимодействий между проводами, что может снизить электрические потери.

Общие соображения:

-Магнитные поля и электрические потери: все три конфигурации направлены на уменьшение магнитных взаимодействий между проводами, что в свою очередь может снизить электрические потери [4].

-Коронные разряды: конфигурации, где провода близко расположены друг к другу, могут снизить вероятность коронных разрядов, что важно для снижения потерь энергии и обеспечения стабильности линии.

-Эффективное использование пространства: каждая конфигурация направлена на оптимизацию использования пространства, что влияет на общую длину линии и, следовательно, на потери.

В заключение, различные конфигурации расположения проводов [5] на опорах линий электропередачи, такие как «бочка», «прямая елка» и «обратная елка», оказывают существенное влияние на потери электроэнергии и качество передаваемого сигнала. Каждая из этих конфигураций имеет свои уникальные особенности, которые могут быть оптимизированы с учетом конкретных требований и условий эксплуатации.

Источники

1. «Сравнение конструкций проводов ЛЭП» // Журнал «Электроэнергетика и электротехника». 2020. №3. С. 45-52.
2. Богданов, В.Н. «Сравнительный анализ характеристик проводов на опорах ЛЭП» // Международная конференция «Электроэнергетика и электротехника». 2019. С. 112-119.
3. Касаткин, А.П. «Особенности конструкции и применения различных типов проводов на опорах ЛЭП» // Тезисы докладов конференции "Современные технологии в электроэнергетике". 2018. С. 28-35.
4. «Сравнительный анализ надежности и эффективности эксплуатации проводов различных типов на ЛЭП» // Сборник научных статей «Электроэнергетика: проблемы и решения». 2017. С. 75-82.
5. Михеев, Г.И. «Технические характеристики и преимущества различных типов проводов для ЛЭП» // Журнал «Энергетика и технические системы». 2016. №2. С. 55-62.

УДК 621.3.06

РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ РАЗЪЕДИНИТЕЛЯ С ДУГОГАСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ

Хусаинов Ильсаф Илфакевич

Науч. рук. к.т.н., доцент Тимур Игоревич Петров
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
husainovilsaf@mail.ru

Коммутационная аппаратура является неотъемлемой частью энергетических систем, и повышения функционала защитного оборудования является важной задачей. В работе рассмотрена возможность дистанционного управления разъединителем с дугогасительной системой, приведен чертеж разъединителя с дугогашением с элементами дистанционного управления и предложено практическое применение данного устройства.

Ключевые слова: дистанционная коммутация, разъединитель, дугогасительная система.

EXTENDING THE FUNCTIONALITY OF THE DISCONNECTOR WITH ARC SUPPRESSION SYSTEM

Khusainov IIsaf I.

Scientific advisor Petrov Timur I.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

husainovilsaf@mail.ru

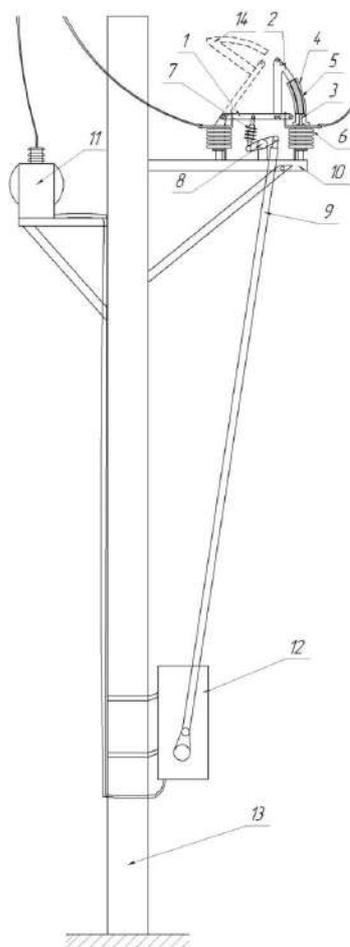
Switchgear is an important element of power systems, and improving the functionality of protective equipment is an important task. The paper examines the possibility of remote control of a disconnecter with an arc extinguishing system, provides a drawing of an arc extinguishing disconnecter with remote control elements, and proposes the practical application of this device.

Keywords: remote switching, disconnecter, arc suppression system.

Актуальная задача в энергетике – автоматизация работы оборудования, и, на сегодняшний день, активно ведутся работы по совершенствованию дистанционного управления коммутационными аппаратами [1]. Такая модификация оборудования позволит снизить эксплуатационные затраты и повысит надежность системы без значительных вложений.

В данной работе рассмотрено внедрение дистанционного управления для разъединителя, с описанием работы нового блока, и преимуществами использования такого решения. На рисунке представлен схематично спроецированный автором разъединитель с дугогасительной системой. При этом на данный разъединитель добавлена функция дистанционного управления.

Устройство и принцип работы коммутационного аппарата: 1 - главные ножи; 2 - подвижный дугогасительный контакт; 3 - неподвижный дугогасительный контакт; 4 - дугогасительная камера; 5 - вкладыш из органического стекла; 6 - изолятор; 7 - изоляционная тяга; 8 - вал; 9 - привод; 10 - рама; 11 - внешний преобразовательный трансформатор; 12 - блок управления приводом; 13 - опора воздушной линии; 14 - положение разъединителя в разомкнутом состоянии.



Элементы дистанционного управления разъединителя с дугогасительной системой

Перемещение ножей разъединителя осуществляется посредством движения изоляционной тяги 7 [2]. Размыкаются дугогасительные контакты 2 в дугогасительных камерах 4. Предлагаемый блок дистанционного управления работает по следующему принципу. Подключенный к воздушной линии преобразовательный трансформатор 11 необходим для запитывания блока управления привода 12. С автоматизированного рабочего места диспетчера направляется сигнал на отключение разъединителя. Команда передается с помощью канала беспроводной связи стандарта GSM [3], сигнал принимается антенной и далее передается через микропроцессорный контроллер сбора и передачи данных в исполнительную систему, которая отвечает за обработку сигнала и подачу необходимого питающего напряжения на исполнительное устройство. Электрический исполнительный механизм приводит в действие привод 9. Привод 9 воздействует на ножи разъединителя и контакты размыкаются.

Данная разработка позволяет решить задачу автоматизации работы коммутационного оборудования, а именно, разъединителя. Функция дистанционного управления позволит дистанционно под нагрузкой отключать участки воздушных линий 6,10 кВ, что сокращает время переключений, так как оперативному персоналу не требуется ехать непосредственно к коммутационному аппарату. Также при возникновении однофазных замыканий на землю (ОЗЗ) на воздушных линиях 6,10 кВ появляется возможность дистанционного секционирования участков воздушной линии, что существенно сокращает время отыскания ОЗЗ.

Источники

1. Перспективы развития коммутационных аппаратов в мире [Электронный ресурс]. <https://helpiks.org/1-108190.html?ysclid=lsxdno3zq9594042993> (датаобращения: 20.02.2024).

2. Мозохин, А. Е. Алгоритмы и программы расчета электрических сетей. Современные цифровые технологии в электроэнергетике: учебное пособие / А. Е. Мозохин, В. А. Солдатов, Б. А. Староверов. — пос. Караваяево: КГСХА, 2021. — 128 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система.

3. Демин, В. И. Электробезопасность: учебное пособие / В. И. Демин. — Краснодар: КубГТУ, 2018. — 219 с. — ISBN 978-5-8333-0809-7. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система.

УДК 621.313

ПРЕИМУЩЕСТВО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИИ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Шайдуллин Фаиль Рамисович

Науч. рук. канд. тех. наук, доц. Петров Тимур Игоревич

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

fail1999@yandex.ru

В данной работе исследуется применение нейронных вычислений для оптимизации конструкции синхронного двигателя. Традиционные методы оптимизации конструкции электродвигателей требуют значительных усилий и времени. В данной работе предлагается новый подход, основанный на использовании нейросетей для работы над конструкцией синхронных машин.

Ключевые слова: электродвигатели, нейронные сети, синхронные машины, оптимизация, топология.

ADVANTAGES OF USING NEURAL NETWORKS FOR SYNCHRONOUS MOTOR DESIGN OPTIMIZATION

Shaydullin Fail R.

Scientific advisor Petrov Timur I.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

fail1999@yandex.ru

This work investigates the application of neural computations for optimizing the design of synchronous motors. Traditional methods for optimizing the design of electric motors require significant effort and time. This paper proposes a new approach based on the use of neural networks for working on the design of synchronous machines.

Keywords: electric motors, neural networks, synchronous machines, optimization, topology.

Конструкция электродвигателей, несмотря на свой технологический уровень, не лишена некоторых недостатков и погрешностей. Эти погрешности обусловлены различными факторами, начиная от неточностей в процессе изготовления отдельных компонентов до физических ограничений самих технологий производства. Эти факторы в совокупности могут привести к потере энергии и нагреву двигателя, что, в свою очередь, снижает его КПД и производительность. Это подчеркивает необходимость системного подхода к проектированию и изготовлению электродвигателей с учетом всех возможных источников погрешностей и их минимизации [1].

Один из ключевых методов для повышения КПД электродвигателей заключается в оптимизации их конструкции. Это многоступенчатый процесс, который может включать в себя разнообразные стратегии и методы, направленные на улучшение эффективности работы двигателя. Оптимизация геометрии конструкции путем топологической модификации представляет собой один из эффективных подходов к повышению производительности электродвигателей. Этот метод включает в себя анализ и внесение изменений в форму и размещение компонентов двигателя с целью снижения как механических, так и электрических потерь.

Помимо этого, применение эволюционных алгоритмов представляет собой эффективный подход к поиску оптимальных параметров

конструкции электродвигателя [2]. Эти алгоритмы, вдохновленные принципами естественного отбора и генетического алгоритма, могут автоматически исследовать большое пространство параметров, чтобы найти наилучшие решения. Применение эволюционных алгоритмов позволяет обнаружить оптимальные конфигурации компонентов и настроек [1].

Однако, с появлением нейронных сетей в последние годы, этот подход к оптимизации можно автоматизировать. Нейросети предлагают новый уровень точности в процессе оптимизации электродвигателей. Вместо ручного подбора параметров, нейронные сети могут обучаться на больших объёмах данных, определяя связи между входными параметрами и выходными результатами. Одно из значительных преимуществ применения нейронных сетей для оптимизации работы электродвигателей заключается в их способности обучаться на обширных наборах данных. Этот факт позволяет нейронным сетям выявлять сложные зависимости и связи между входными параметрами и выходными результатами. В процессе обучения нейросеть приспосабливается к имеющейся информации, постепенно улучшая свою способность прогнозировать оптимальные параметры и решения.

Сравнение основных характеристик традиционных компьютеров и нейросетей

Основные характеристики	Традиционный компьютер	Нейронная сеть
Описание функционирования	Заданные алгоритмы	Алгоритмы формируются на основе обучения нейросети на примерах
Режим функционирования	Последовательный	Параллельный
Характер операций	Иерархическая структура алгоритмов. Декомпозиция сложных задач на элементарные составляющие	Прямая работа с объектами или предметами

Другим важным аспектом использования нейросетей в оптимизации электродвигателей является их способность к параллельной обработке информации. Это позволяет нейросетям быстро анализировать большие

объёмы данных и исследовать множество вариантов параметров, что значительно ускоряет процесс оптимизации.

Предварительно выбрана в качестве модели интерполяции - модель Кригинга и интерполяция регрессии радиальной базисной функции, которая хорошо подходит для аппроксимации функции с использованием аналитических результатов без случайных ошибок, поскольку эти модели точно проходят через контрольные точки. Предполагаемое уравнение модели Кригинга было определено для устранения систематической ошибки и тем самым минимизации дисперсии ошибок. Модель Кригинга представляет собой взвешенную линейную комбинацию следующим образом:

$$z^* = \sum_{i=1}^n \lambda_i z_i$$

где z — расчетная точка с использованием модели Кригинга, n — общее количество экспериментов, λ_i — функция весового значения, а z_i — экспериментальная точка.

Таким образом, использование нейросетей для оптимизации электродвигателей представляет собой перспективный подход, который может значительно улучшить их производительность, энергоэффективность и надежность.

Источники

1. Разработка метода топологической оптимизации электрических машин на основе генетического алгоритма / А. Р. Сафин, Р. Р. Хуснутдинов, А. М. Копылов [и др.] // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2018. – № 4(40). – С. 77-85. – EDN WKERUG.

2. Петров, Т. И. Модификация генетического алгоритма для комплексной топологической оптимизации ротора синхронных двигателей / Т. И. Петров // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2021. – Т. 23, № 3. – С. 70-79. – DOI 10.30724/1998-9903-2021-23-3-70-79. – EDN SJZIBT.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗА ЧАСА ПИКОВОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Юдин Павел Владимирович¹, Чистяков Семён Романович², Яковкина Ариана Викторовна³

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Струмеляк Анатолий Владимирович
¹ФГБОУ ВО «ИрНТУ», г. Иркутск,^{2,3}ФГБОУ ВО «БрГУ», г. Братск, Россия
¹Zloazazin@yandex.ru, ²semen-bratsk@yandex.ru, ³arianahap@yandex.ru

Поиск новых решений по прогнозам потребления электроэнергии с каждым годом увеличивают свою актуальность. В статье предложены 2 современных метода прогнозирования часа пикового потребления электроэнергии с помощью нейросети и статического анализа. Предложенные методики предполагают использование нейросети с обратным распространением ошибки и выполнения расчета среднеквадратичного отклонения.

Ключевые слова: нейросеть, час максимальной электрической нагрузки, обратное распространение ошибки, прогноз, анализ, статический метод.

MODERN METHODS OF PEAK HOUR ELECTRIC CONSUMPTION FORECASTING

Yudin Pavel V. ¹, Chistyakov Semyon R. ², Yakovkina Ariana V. ³

¹INRTU, Irkutsk,^{2,3}BSU, Bratsk, Russia

¹Zloazazin@yandex.ru, ²semen-bratsk@yandex.ru, ³arianahap@yandex.ru

The search for new solutions for electricity consumption forecasts increases its relevance every year. The article proposes 2 modern methods of forecasting the hour of peak power consumption using neural network and static analysis. The proposed methods involve the use of neural network with back propagation of error and performing the calculation of standard deviation.

Keywords: neural network, peak hour of electric load, back propagation of error, forecast, analysis, static method.

Прогнозирование электрических нагрузок является важным аспектом для обеспечения стабильной и эффективной работы электростанций и энергосистемы в целом. Это позволит предсказать спрос на

электроэнергию в перспективе, и поможет в оптимизации работы электростанций и управлении пиками нагрузки.

Главным преимуществом использования нейросетей при прогнозировании нагрузок является в снижении затрат на электроэнергию, поскольку позволяет оптимизировать работу электростанций, на котором наглядно прослеживается присутствие циклической, сильно зашумленной годовой зависимости (рис. 1). Исходными данными является массив графиков электрических нагрузок.

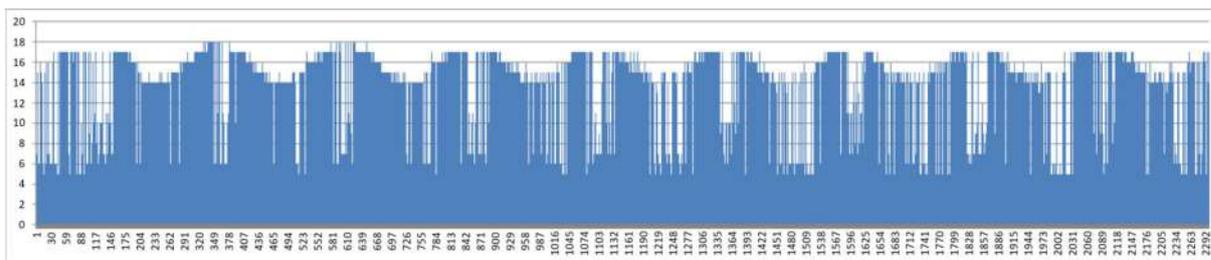


Рис.1. Данные нагрузки

На начальном этапе исследования для оценки возможности прогнозирования использовалась нейронная сеть с обратным распространением ошибок (error back propagation) [1].

Протестировав различные варианты нейронной архитектуры, выявили наилучший результат с 3 скрытыми слоями и 10 нейронами в каждом слое. Изменения в количестве нейронов приводят к повышению точности прогнозирования на $\pm 1\%$.

С целью удаления случайных помех применялась фильтрация данных измерений. Таким образом, нейросети удалось распознать 75% данных, оставшиеся 25% не распознаются, при этом обучающая выборка составила 80%, а тестовая - 20%.

По результатам работы нейронная сеть с обратным распространением ошибки не смогла распознать 25% данных. В связи с этим было принято решение использовать классический статистический метод исследования, основанный на расчете медианного среднего значения (рис. 2).

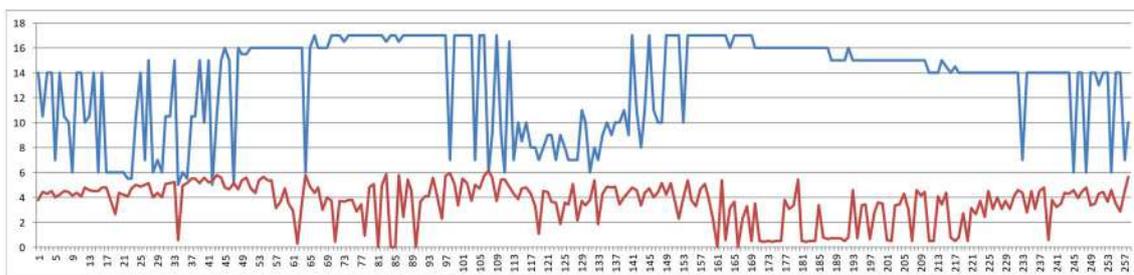


Рис. 2. График зависимости средне медианного (синий) и среднеквадратичного(красный) отклонения

После построения медианы выполнен анализ, определяющий критерии достоверности прогноза, с вероятностью попадания в ретроспективную выборку (рис. 3).



Рис. 3. Категории достоверности прогноза

По результатам анализа, можно сделать вывод, что 90% пиковых нагрузок приходится на часы 6, 7, 8, 15, 16, 17, 18. Количество попаданий в часы с 9-го по 14-ый можно отнести к шуму и не принимать в расчет. Также при вероятности прогноза ниже среднего необходимо пользоваться величинами часа пиковой электрической нагрузки за последние 1-2 года вместо средне медианных значений, ожидая пика нагрузки не только в прогнозный, но и в соседние с прогнозом часы [2].

А для оценки эффективности методики снижения оплаты за установленную мощность при снижении нагрузки потребителя в пиковые часы энергосистемы был выполнен расчёт потребителя на основе студенческого городка Братского государственного университета, который

показал, что снижение мощности в час пиковых нагрузок на 25% приводит к уменьшению платы за электроэнергию на 8%, что составляет 0,35% от бюджета организации.

Источники

1. Вакуленко С.А., Жихарева А.А. Практический курс по нейронным сетям – СПб: Университет ИТМО, 2018. С. 58-59.

2. Шорохова И.С., Кисляк Н.В., Мариев О.С. Статистические методы анализа: [учеб. пособие] / М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург: Из-во Урал. ун-та, 2015. 300 с.

СЕКЦИЯ 3. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА И СВЕТОТЕХНИКА. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ АППАРАТЫ

УДК 681.5

ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Абызгильдина Сабина Салимьяновна¹, Коваленко Тимур Дмитриевич²,

Зиязов Галинур Айдарович³, Валиев Азамат Робертович⁴

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Вассунова Юлия Юрьевна

^{1,2,3,4}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹sabizgildina@gmail.com, ²timurkovalenko8604@gmail.com, ³ziyazov02@mail.ru,

⁴azamat.hlsd@gmail.com

В данной статье рассматривается интеграция технологий виртуальной реальности в сферу электроэнергетики. Этот научный подход приобретает важное значение, поскольку использование виртуальной реальности для обучения и передачи информации способствует обеспечению безопасности и повышению эффективности, а также оптимизации процессов с использованием передовых технологий.

Ключевые слова: виртуальная реальность, современные технологии, эффективность, оптимизация, интерактивные модели, прогнозирование работ, безопасность.

VIRTUAL REALITY IN THE ELECTRIC POWER INDUSTRY

Abyzgildina Sabina S.¹, Kovalenko Timur D.², Ziyazov Galinur A.³, Valiev Azamat R.⁴

Scientific advisor Vassunova Yuliya Yu.

^{1,2,3,4}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹sabizgildina@gmail.com, ²timurkovalenko8604@gmail.com, ³ziyazov02@mail.ru,

⁴azamat.hlsd@gmail.com

This article discusses the integration of virtual reality technologies into the field of electric power industry. This scientific approach is becoming important because the use of virtual reality for learning and information transfer contributes to ensuring safety and efficiency, as well as optimizing processes using advanced technologies.

Keywords: virtual reality, modern technologies, efficiency, optimization, interactive models, job forecasting, safety.

Виртуальная реальность (VR) – это технология, которая создает иллюзию погружения пользователя в цифровой мир, предоставляя ему возможность взаимодействовать с виртуальным окружением [1]. В последние годы VR стала особенно популярной в различных отраслях, таких как медицина, образование и развлечения. Однако мало было исследований, направленных на изучение потенциала применения VR в электроэнергетике. В данном исследовании мы обратимся к этому вопросу и рассмотрим возможности применения VR в различных областях электроэнергетики. Использование виртуальной реальности в энергетике обладает значительным преимуществом, предоставляя возможность эмуляции различных ситуаций и условий эксплуатации, которые могут возникнуть на энергетических объектах [2]. За счет специальных трехмерных моделей и симуляторов появляется возможность не только изучения проектируемого объекта на этапе разработки, но и проведения виртуального обучения персонала [3].

Виртуальная реальность также обеспечивает возможность тестирования и проверки оборудования безопасности для жизни и здоровья работников энергетических предприятий [4]. Благодаря трехмерным моделям объектов и симуляциям, можно в реальном времени оценить воздействие различных факторов на работу оборудования и оперативно принимать меры для предотвращения возможных аварий и инцидентов.

В сфере обучения персонала энергетических предприятий активно применяется виртуальная реальность. Вместо традиционных лекций и тренингов сотрудники имеют возможность получать практические уроки в виртуальной среде, где они могут освоить основные операции и процессы работы на энергетических объектах [5]. Это не только повышает эффективность обучения, но и уменьшает необходимость в затратных стажировках и физическом взаимодействии с оборудованием.

Также возможно применение виртуальной реальности для разработки интерактивных моделей энергетических систем и прогнозирования их работы с учетом разнообразных факторов [2]. Это способствует выявлению уязвимых мест в энергетической системе, оптимизации её функционирования и повышению энергоэффективности.

В целом внедрение виртуальной реальности в энергетике представляет собой перспективный и современный подход к проектированию, обучению и эксплуатации энергетических объектов. Эта технология повышает уровень безопасности, эффективности и качества работы в этой важной отрасли, придавая ей более современный и совершенный характер. Эти новые возможности, предоставляемые виртуальной реальностью, открывают перед энергетическими компаниями

новые перспективы для совершенствования своей деятельности и повышения конкурентоспособности на рынке. Интеграция виртуальной реальности в энергетику помогает улучшить качество обслуживания, оптимизировать процессы проектирования и обучения, а также снижает риски возможных аварий и поломок [2]. В результате улучшения общих производственных показателей и повышения надежности энергетических систем, виртуальная реальность становится ключевым инструментом для развития отрасли. Это позволяет энергетическим компаниям быть более гибкими и адаптивными к изменяющимся условиям рынка, а также более успешно конкурировать в условиях современного мира.

Таким образом, виртуальная реальность не только преобразует энергетику, делая ее более современной и эффективной, но также открывает новые перспективы для развития и улучшения этой важной отрасли. Её использование в проектировании, обучении и эксплуатации энергетических объектов стремительно расширяется и становится неотъемлемой частью работы энергетических компаний в мире, где технологии играют всё более важную роль в повышении эффективности производства и качества предоставляемых услуг. Дальнейшие исследования в этой области могут помочь в разработке новых инновационных решений, которые способны повысить надежность и безопасность энергетических систем.

Источники

1. Васильев В.А. Введение в виртуальную реальность. М.: Эком, 2008. 127 с.
2. Моравель В.И., Борисов В.А. Технологии виртуальной и дополненной реальностей в энергетике [Электронный ресурс]. <https://web.snauka.ru/issues/2022/06/98556> (дата обращения: 01.04.2024).
3. Даниленко Е.А., Ярушева С.А. VR-технологии: их потенциал и внедрение в систему обучения и развития персонала компаний [Электронный ресурс]. <https://cyberleninka.ru/article/n/vr-tehnologii-ih-potentsial-i-vnedrenie-v-sistemu-obucheniya-i-razvitiya-personala-kompaniy/viewer> (дата обращения: 01.04.2024).
4. Повный А.Р. Применение технологий виртуальной и дополненной реальности в энергетике [Электронный ресурс]. <https://electricalschool.info/guides/2867-virtualnaya-i-dopolnennaya-realnost-v-energetike.html> (дата обращения: 01.04.2024).
5. Иванова А.В. Технологии виртуальной и дополненной реальности: возможности и препятствия применения [Электронный ресурс]. <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-virtualnoy-i-dopolnennoy-realnosti-vozmozhnosti-i-prepyatstviya-primeneniya> (дата обращения: 01.04.2024).

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ МИКРОСХЕМ В МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЕ ЗАЖИГАНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Багинский Дмитрий Витальевич

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. Калимуллин Рустем Ирекович

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

DymitriuszB@yandex.ru

В данной статье рассмотрены особенности применения цифровых микросхем в области автомобильной электроники, а именно в построении микропроцессорной системы зажигания, а также их преимущества перед аналоговыми устройствами. Детально рассмотрена схемотехника и предоставлены требования к разработке устройств на основе данных компонентов.

Ключевые слова: логическая микросхема, *IGBT*, система зажигания, процессор, 74АНС14РW.

USING DIGITAL CHIPS IN THE MICROPROCESSOR IGNITION SYSTEM OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE OF A CAR

Baginsky Dmitry V.

Scientific advisor Kalimullin Rustem I.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

DymitriuszB@yandex.ru

This article discusses the features of the use of digital chips in the field of automotive electronics, namely in the construction of a microprocessor ignition system, as well as their advantages over analog devices. The circuit design is considered in detail and the requirements for the development of devices based on these components are provided.

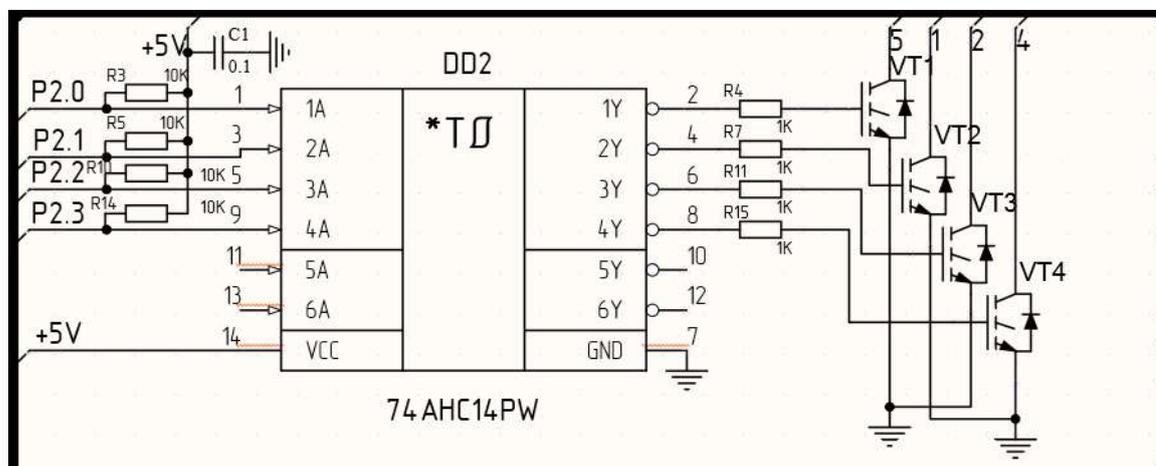
Keywords: logic chip, *IGBT*, ignition system, processor, 74АНС14РW.

В современном мире все больше устройств и систем становятся цифровыми, и микропроцессорная система зажигания двигателя внутреннего сгорания не является исключением.

Микропроцессорная система зажигания [1] представляет собой устройство, которое позволяет контролировать процесс зажигания в двигателе внутреннего сгорания. Она использует микропроцессор и

цифровые микросхемы для обработки данных, поступающих от различных датчиков, и управления зажиганием в соответствии с заданными параметрами.

На рисунке отображена логическая микросхема *DD2 – 74АНС14PW*.



Микропроцессорная система зажигания

74АНС14PW – это микросхема КМОП-инвертора, разработанная компанией *NXP Semiconductors*. Она принадлежит к семейству цифровых логических микросхем *74АНСТ*, которое обеспечивает высокое быстродействие и низкое энергопотребление. *74АНС14PW* является надежным и эффективным решением для построения различных цифровых схем, требующих высокого быстродействия и низкого энергопотребления. Она широко используется в компьютерной технике, телекоммуникационном оборудовании, автомобильной электронике и других отраслях. Выходы нашей микросхемы направлены на ключи зажигания. Каждый из ключей зажигания отвечает за свою катушку и, следовательно, свечу [2]. Зажигание происходит в противофазе работы ключей, так как катушка представляет собой индуктивность.

Тактируется эта микросхема с процессора через входы *P2.0 – P2.3*, а резисторы выполняют роль делителя напряжения для каждого из входов [3].

Микросхема играет роль триггера Шмитта, который необходим для корректной работы системы зажигания [4]. Этот компонент способен устранять помехи сигнала с процессора, возникшие по той или иной причине, благодаря принципу своей работы и наличия эффекта гистерезиса переключения.

С помощью триггера Шмитта ключи зажигания получают необходимый уровень напряжения на затворе для перехода в проводящий

режим насыщения и для перехода в непроводящий режим отсечки. Питание микросхемы осуществляется через $VCC +5V$. Ключами зажигания являются *STGB10NB37LZ* – транзисторы *IGBT*.

Применение цифровых микросхем в микропроцессорных системах зажигания дает ряд преимуществ:

1) точность: цифровые микросхемы обеспечивают более высокую точность измерений и обработки данных по сравнению с аналоговыми устройствами, что позволяет более точно контролировать зажигание в двигателе.

2) надежность: цифровые устройства менее подвержены влиянию внешних факторов и обладают более высокой надежностью по сравнению с аналоговыми системами.

3) гибкость: цифровые системы позволяют более гибко настраивать параметры зажигания, что дает возможность оптимизировать работу двигателя под разные условия эксплуатации.

При использовании цифровых микросхем стоит учитывать возможные проблемы, связанные с электромагнитной совместимостью, сложностью ремонта и необходимостью наличия квалифицированных специалистов для обслуживания системы. Применение цифровых микросхем в системе зажигания автомобиля является важным шагом в развитии автомобильной промышленности и способствует повышению эффективности и надежности работы двигателей внутреннего сгорания.

Источники

1. Системы зажигания в автомобиле [Электронный ресурс]. https://revolution.allbest.ru/transport/00555143_0.html (дата обращения: 28.02.24).

2. Сарбаев В.И., Гармаш Ю.В., Бабенко О.В. Система зажигания автомобиля с импульсными преобразователями энергии // Научный резерв. 2018. №1(1). С. 60–64.

3. Перспективы развития искрового зажигания ДВС [Электронный ресурс]. http://opusmgau.ru/index.php/see/article/view/2444_ (дата обращения: 28.02.24).

4. Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт [Электронный ресурс]. [https://www.vstu.ru/nauka/izdaniya/energo-i-resursosberezhenie-promyshlennost-i-transport/arkhiv-vypuskov/№%202%20\(27\)%20-%202019.pdf](https://www.vstu.ru/nauka/izdaniya/energo-i-resursosberezhenie-promyshlennost-i-transport/arkhiv-vypuskov/№%202%20(27)%20-%202019.pdf) (дата обращения: 28.02.24).

УПРАВЛЕНИЕ УГЛОМ ОПЕРЕЖЕНИЯ ЗАЖИГАНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Багинский Дмитрий Витальевич

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. Калимуллин Рустем Ирекович

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

DymitriuszB@yandex.ru

В данной статье рассмотрен параметр автомобилестроения – угол опережения зажигания, который определяет момент подачи искры и топлива в камеру сгорания. Будут описаны различные методы и подходы к управлению углом опережения зажигания, а также их влияние на работу двигателя автомобиля.

Ключевые слова: угол опережения зажигания, карта зажигания, двигатель внутреннего сгорания, процессор, детонация, датчики.

USING DIGITAL CHIPS IN THE MICROPROCESSOR IGNITION SYSTEM OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE OF A CAR

Baginsky Dmitry V.

Scientific advisor Kalimullin Rustem I.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan, Russia

DymitriuszB@yandex.ru

This article discusses the parameter of the automotive industry – the ignition timing angle, which determines the moment when a spark and fuel are fed into the combustion chamber. Various methods and approaches to controlling the ignition timing angle will be described, as well as their impact on the operation of the car engine.

Keywords: ignition advance angle, ignition card, internal combustion engine, processor, detonation, sensors.

Управление углом опережения зажигания – важная составляющая эффективного функционирования двигателя внутреннего сгорания (ДВС) автомобиля. Угол опережения зажигания (УОЗ) – это угол, на который коленчатый вал двигателя опережает момент зажигания [1].

УОЗ играет ключевую роль в работе ДВС, поскольку от него зависит процесс сгорания топлива. Если зажигание происходит слишком рано, это может привести к детонации и потере мощности двигателя. Если же

зажигание происходит слишком поздно, это снижает эффективность работы двигателя и увеличивает расход топлива.

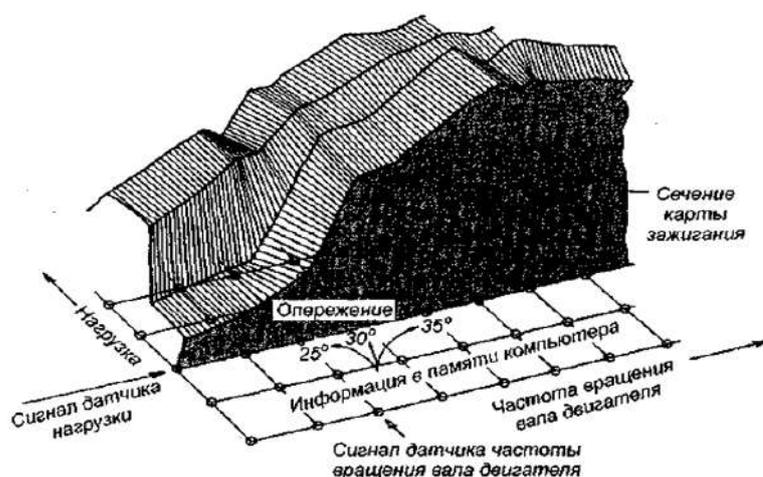
Для управления УОЗ используются механические, электромеханические или электронные системы [2].

Основными функциями системы управления углом опережения зажигания являются:

- 1) контроль и измерение частоты вращения коленчатого вала;
- 2) определение текущего состояния двигателя;
- 3) коррекция УОЗ;
- 4) проверка состояния системы зажигания;
- 5) передача данных о состоянии системы на приборную панель.

Система управления УОЗ позволяет оптимизировать работу двигателя, снижая его износ и повышая экономичность. Также она обеспечивает более экологичный выхлоп, так как способствует снижению выбросов вредных веществ.

Трехмерный график, отображенный на рисунке, сочетающий частоту вращения и нагрузку, называется картой зажигания. Точные значения угла опережения зажигания, которые записываются в память процессора, определяются исходя из разбиения данной карты на интервалы, учитывая действующую нагрузку и скорость движения [3].



Карта зажигания

Управление зажиганием двигателя осуществляется с помощью микропроцессора, который приспособлен к условиям работы на автомобиле, который также занимается обработкой и расчетом получаемых данных. В процессе работы двигателя в компьютер поступает информация о текущей нагрузке, температуре, напряжении аккумулятора,

частоте вращения и положении коленчатого вала, положении дроссельной заслонки [4].

Датчики, необходимые для мониторинга состояния работы автомобиля, в основном выдают аналоговый сигнал, с которым не способен работать процессор. Электронный блок управления сочетает в себе функции как обработки, так и преобразования информации, поэтому на плате находятся микросхемы преобразователя импульсов от датчиков аналоговых в цифровые, с которыми непосредственно работает процессор.

При работе двигателя на холостом ходу есть необходимость поддерживать оптимальные обороты двигателя, что задается на старых моделях с помощью регулировки, а на новых автоматически.

Источники

1. Сарбаев В.И., Гармаш Ю.В., Бабенко О.В. Система зажигания автомобиля с импульсными преобразователями энергии // Научный резерв. 2018. №1(1). С. 60–64.

2. Причины неисправностей системы зажигания [Электронный ресурс]. <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/60396> (дата обращения: 28.02.24).

3. Неисправность в ЭБУ [Электронный ресурс]. <https://www.drive2.ru/b/1463431/> (дата обращения: 28.02.24).

4. Данов Б.А. Система управления зажиганием автомобильных двигателей. М.: Горячая линия – Телеком, 2020. 533 с.

УДК 621.316.722.1

РАЗРАБОТКА ИМПУЛЬСНЫХ СТАБИЛИЗАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ

Бондаренко Михаил Александрович

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. Калимуллин Рустем Ирекович

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

bondm2001@gmail.com

В работе рассматривается актуальность и применение импульсных стабилизаторов напряжения в современной электронике. Описываются их преимущества перед традиционными дроссельными стабилизаторами, а также проблемы, с которыми сталкиваются при разработке и эксплуатации. Указывается на

важность выбора подходящего типа стабилизатора. Импульсные стабилизаторы напряжения имеют большую значимость в современном мире, где электроника быстро развивается и требует эффективных и надежных устройств.

Ключевые слова: стабилизатор, импульсный стабилизатор, обратная связь, актуальность.

DEVELOPMENT OF PULSE VOLTAGE STABILIZERS

Bondarenko Mikhail A.

Scientific advisor Kalimullin Rustem I.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

bondm2001@gmail.com

The paper considers the relevance and application of pulse voltage stabilizers in modern electronics. Their advantages over traditional throttle stabilizers are described, as well as the problems encountered during development and operation. The importance of choosing the appropriate type of stabilizer is indicated. Pulse voltage stabilizers are of great importance in the modern world, where electronics is developing rapidly and requires efficient and reliable devices.

Keywords: stabilizer, pulse stabilizer, feedback, relevance.

Импульсные стабилизаторы напряжения предназначены для обеспечения стабильного напряжения питания электронных устройств, что крайне важно для их нормальной работы.

Импульсные стабилизаторы напряжения являются одним из наиболее эффективных способов защиты электроники от перепадов напряжения. Обладая высокой точностью регулирования напряжения, импульсные стабилизаторы теоретически позволяют достигнуть высокого коэффициента полезного действия, приближенного к 100%. В реальных устройствах достигается КПД, равный 95%. В импульсном стабилизаторе осуществляется постоянный контроль над величиной тока нагрузки. В случае его снижения подкачивается дополнительная мощность, а при повышении – мощность понижается. Для этого в схеме имеется ключевой элемент, периодически открывающийся и запирающийся и, соответственно, подключающий и отключающий нагрузку от источника входного напряжения [1].

Актуальность импульсных стабилизаторов напряжения определяется несколькими факторами. Во-первых, применение таких устройств позволяет снизить затраты на энергию, так как они работают эффективнее,

чем линейные стабилизаторы. Во-вторых, импульсные стабилизаторы напряжения имеют компактные размеры, что позволяет устанавливать их даже в небольших пространствах, например, в мобильных устройствах. В-третьих, они могут обеспечивать стабильное напряжение при большом разбросе входного напряжения, что позволяет использовать их в широком диапазоне условий. Наконец, импульсные стабилизаторы могут повышать и инвертировать знак выходного напряжения относительно входного.

При разработке импульсных стабилизаторов напряжения необходимо решить ряд проблем [2].

1. Выбор подходящего типа стабилизатора (понижающего, повышающего, инвертирующего) и типа управления (например, широтно-импульсное, частотно-импульсное, релейного типа).

2. Проблемы с электромагнитной совместимостью (ЭМС): из-за работы на высоких частотах импульсные стабилизаторы могут создавать помехи в электрических цепях и быть чувствительными к воздействию внешних электромагнитных полей.

3. Проблемы с тепловыделением: из-за высокой энергетической эффективности импульсных стабилизаторов, они могут нагреваться больше, чем линейные стабилизаторы. Необходимы расчеты для обеспечения надежной работы устройства и отвода тепла (выбор радиатора).

4. Проблемы с защитой от перегрузок и короткого замыкания: импульсные стабилизаторы могут быть чувствительны к перегрузкам и коротким замыканиям, что может привести к повреждению устройства и нагрузки.

5. Проблемы с обеспечением стабильности выходного напряжения: импульсные стабилизаторы должны обеспечивать стабильное выходное напряжение при изменении входного напряжения и нагрузки. Необходимы точные регулировочные схемы и обратные связи для поддержания стабильности работы устройства. С этой точки зрения понижающие стабилизаторы с их практически линейной регулировочной характеристикой предпочтительнее повышающих и инвертирующих, у которых регулировочные характеристики имеют сильно нелинейный характер.

В импульсных стабилизаторах напряжения обратная связь играет ключевую роль в поддержании заданного уровня выходного напряжения. Она позволяет компенсировать возможные изменения нагрузки или входного напряжения, обеспечивая стабильность работы устройства [3]. В

настоящее время преимущественно используются специализированные микросхемы контроллеров.

На заключительном этапе разработки проводится имитационное моделирование с использованием программ схемотехнического моделирования и сквозного проектирования схем [4].

В целом, разработка импульсных стабилизаторов напряжения является актуальной и важной задачей в современной электронике. При этом необходимо учитывать, что разработка и производство таких устройств требуют высококвалифицированных специалистов и специализированного оборудования.

Источники

1. Иванчура В.И., Капулин Д.В., Краснобаев Ю.В. Быстродействующие импульсные стабилизаторы напряжения. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2011. 171 с.

2. Капулин Д.В. Методика расчета параметров силовых цепей быстродействующих импульсных стабилизаторов напряжения // Авиакосмическое приборостроение. 2011. № 10. С. 15–19.

3. Казаринов Л.С., Вставская Е.В., Саид Д.А.А. Исследование процессов в многоканальных стабилизаторах тока светоизлучающих диодов на основе моделирования // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19. № 3-4. С. 168–175.

4. Родин М.В. Схемотехническое моделирование источников электропитания: Учебное пособие. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. 146 с.

ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛА С АКУСТИЧЕСКОГО ДАТЧИКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ В ВЫСОКОВОЛЬТНОМ ИЗОЛЯТОРЕ

Быков Павел Михайлович

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Семенников Антон Владимирович

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

bykov.pavel.2020@yandex.ru

В статье описан метод получения информации о состоянии высоковольтного изолятора посредством определения в нем интенсивности частичных разрядов при помощи акустического датчика. Исследование параметров частичных разрядов, возникающих на объемных и поверхностных дефектах диэлектрических элементов, позволяет судить о степени работоспособности высоковольтной изоляции и делать выводы о дальнейшей возможной или невозможной эксплуатации оборудования.

Ключевые слова: частичные разряды, высоковольтные изоляторы, акустический метод, микроконтроллер.

DIGITAL SIGNAL PROCESSING FROM AN ACOUSTIC SENSOR FOR DETERMINING PARTIAL DISCHARGES IN A HIGH VOLTAGE INSULATOR

Bykov Pavel M.

Scientific advisor Semennikov Anton V.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

bykov.pavel.2020@yandex.ru

The article describes a method for obtaining information about the state of a high-voltage insulator by determining the intensity of partial discharges in it using an acoustic sensor. The study of the parameters of partial discharges that occur on volumetric and surface defects of dielectric elements makes it possible to judge the degree of performance of high-voltage insulation and draw conclusions about the further possible or impossible operation of the equipment.

Keywords: partial discharges, high-voltage insulators, acoustic method, microcontroller.

Для регистрации импульсов частичных разрядов (ЧР) в высоковольтных изоляторах (ВИ) применяются акустические датчики [1]. Основной частотный диапазон для таких датчиков значительно выше порога слышимости человеческого уха и составляет ультразвуковые колебания от 30 кГц и выше, а у некоторых датчиков даже до 300 кГц [2].

При контактном измерении ЧР акустическими датчиками регистрируются колебания конструкций высоковольтного оборудования, в основном поверхностей баков и корпусов, заполненных жидкой средой, такой как изолирующее и охлаждающее масло, которое является идеальной средой для распространения акустических ультразвуковых импульсов.

При использовании бесконтактных методов измерения с помощью акустических датчиков фиксируются колебания, передающиеся через воздух. Из-за меньшей плотности воздуха по сравнению с жидкостями, реальная чувствительность акустических измерений в данном случае значительно снижается по сравнению с контактными измерениями. Датчики акустических методов активно применяются в неразрушающем контроле оборудования и материалов, включая ультразвуковые эхо-импульсные методы, методы акустической эмиссии и другие [3].

Для обработки и анализа данных с акустического датчика понадобится микроконтроллер (МК) со встроенным аналого-цифровым преобразователем (АЦП). Чем выше будет разрядность АЦП МК, тем с большей точностью получится определить дефектность ВИ посредством диагностики параметров ЧР.

Полученный сигнал с акустического датчика будет обрабатываться встроенным АЦП и в дальнейшем сравниваться с заданным оператором пороговым значением амплитуды ЧР. Также с использованием цифровой обработки МК регистрирует уровень интенсивности ЧР в конкретной зоне ВИ. Вычисляется число импульсов за один цикл напряжения в сети.

Разработанная программа позволит представлять результат исследования в численном виде в режиме реального времени, что является большим плюсом для диагностики ВИ. Также данный метод является дистанционным и не требует контакта датчика с анализируемым участком.

После определения числа и интенсивности ЧР, полученное распределение сравнивается с аналогичным для исправных и дефектных изоляторов [4]. С использованием разработанной методики определяется скорость процесса старения и развития различных дефектов, что позволяет прогнозировать остаточный ресурс высоковольтного изолятора.

Способ предназначен для использования в системе неразрушающего контроля состояния высоковольтной изоляции, основанной на методе поверхностного мониторинга параметров ЧР [5]. Разработанный метод является удобным и масштабируемым и может быть легко усовершенствована для подключения большего количества датчиков, что будет способствовать дополнительному повышению степени достоверности определения дефектных ВИ.

Источники

1. Голенищев-Кутузов А.В., Голенищев-Кутузов В.А., Марданов Г.Д. и др. Дистанционная диагностика высоковольтных изоляторов // Дефектоскопия. 2016. № 6. С. 75–82.

2. Wong R.L. Application of very high frequency method to ceramic insulators // IEEE Transactions of Dielectrics and Electrical Insulation. 2004. V. 11. P. 1057–1064.

3. Иванов Д.А., Галиева Т.Г., Голенищев-Кутузов А.В., Садыков М.Ф., Калимуллин Р.И., Семенников А.В. Детектирование акустических сигналов частичных разрядов на дефектах изоляционного оборудования // Омский научный вестник. 2021. № 6 (180). С. 48–55.

4. Голенищев-Кутузов А.В., Голенищев-Кутузов, В.А., Иванов Д.А. и др. Дистанционная диагностика дефектов в высоковольтных изоляторах в процессе эксплуатации // Дефектоскопия. 2018. № 10. С. 10–14.

5. Голенищев-Кутузов А.В., Ахметвалеева Л.В., Еникеева Г.Р. и др. Дистанционная диагностика дефектов в высоковольтных изоляторах // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. № 22(2). С. 117–127.

УДК 621.315.62

ПРИМЕНЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯТОРОВ С ПОМОЩЬЮ БИБЛИОТЕКИ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ PYTORCH

Вагапов Айдар Ильшатович¹, Маслов Савелий Юрьевич²

Науч. рук. д-р техн. наук, доц. Иванов Дмитрий Алексеевич

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹aydar.vagapoff@yandex.ru, ²saveli2000@gmail.com

В данной статье рассматривается применение машинного обучения и библиотеки глубокого обучения *PyTorch* для анализа состояния изоляторов. Эта

технология предоставляет возможность автоматической оценки состояния изоляционных материалов и систем, что обеспечивает надежность, долговечность и безопасность электроэнергетических систем. Используя алгоритмы обучения, такие как сверточные нейронные сети, можно извлекать значимые признаки из данных о состоянии изоляторов и предсказывать их остаточный ресурс.

Ключевые слова: высоковольтные линии электропередачи, изоляторы, информационные технологии, машинное обучение, энергоэффективность.

APPLYING MACHINE LEARNING TO ANALYZE THE STATE OF INSULATORS USING THE PYTORCH DEEP LEARNING LIBRARY

Vagapov Aidar Ilshatovich¹, Maslov Saveliy Yurievich²

Scientific advisor Ivanov Dmitriy A.

^{1,2} KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹aydar.vagapoff@yandex.ru, ²saveli2000@gmail.com

This article discusses the use of machine learning and the deep learning library PyTorch for analyzing the condition of insulators. This technology provides the ability to automatically assess the condition of insulating materials and systems, which ensures the reliability, durability and safety of electrical power systems. Using learning algorithms such as convolutional neural networks, it is possible to extract meaningful features from insulator condition data and predict their residual life.

Keywords: power transmission line, insulators, information technology, machine learning, energy efficiency.

Активное развитие энергетической отрасли в рамках стратегии развития России до 2030 года приводит к необходимости эффективного использования природных, используемых в электроэнергетике, ресурсов, в том числе к потенциальному развитию энергетического сектора с целью получения устойчивой экономики и ее укреплению на мировом рынке, а также улучшения качества жизни населения страны.

Для эффективной работы энергетических компаний важна не только выработка электрической энергии, но и ее передача к конечным потребителям, для этой цели, как правило, используются высоковольтные линии электропередачи (ВЛЭП). В связи с этим мониторинг состояниях их основных элементов, является одной из ключевых задач, решаемых такими компаниям [1].

В частности, особое внимание стоит уделить такому важному конструктивному элементу как изолятор, основным назначением которого является предотвращение протекания тока через опору ВЛЭП, а также

фиксация провода. Выход из строя изолятора, может вызвать огромные потери как в экономическом, так и в энергетическом плане [2-3].

В связи с этим в рамках данной статьи предложен метод определения наружного дефекта изоляторов при помощи внедрения информационных технологий (машинного зрения), в частности библиотеки *PyTorch*, применяемой для обработки состояния высоковольтных изоляторов [4-5]. Работа программы начинается с ввода изображения изолятора, далее происходит процесс обработки полученных данных, в виде сортировки данных повреждённой и нарушенной изоляцией, после чего информация передается в блок обучения, где сравнивается с тренировочной моделью. Анализируя данные (обучаясь), программа делает вывод о состоянии изолятора. Блок-схема работы программы представлена на рисунке 1.

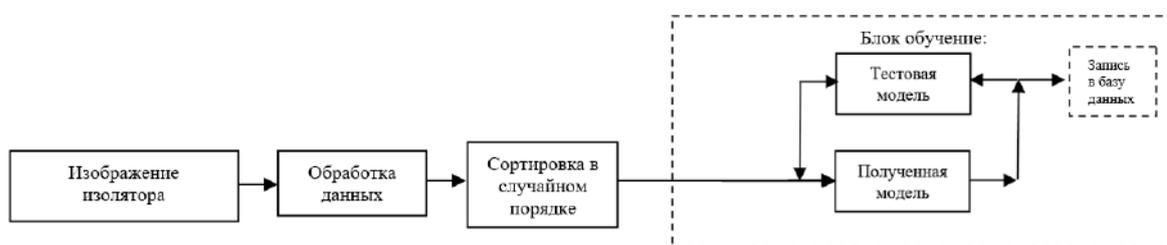


Рис. 1. Упрощенная блок-схема работы программы

Для проверки работоспособности программы в нее были загружены изображения рабочих и содержащих дефекты изоляторов (см. рисунок 2).



Рис. 2. Изображение изоляторов (слева полностью рабочий, справа с дефектом)

Результаты работы программы

№ изолятора	Вероятность рабочего состояния	Вероятность дефекта
1 (рабочий)	0,9997	0,0003
2 (с дефектом)	0,0031	0,9969

Вывод: применение технологии машинного обучения позволяет путем внешнего осмотра с достаточной точностью получить информацию о состоянии анализируемого изолятора.

Источники

1. Распоряжение Правительства РФ от 13.11.2009 N 1715-р «Об Энергетической стратегии России на период до 2030 года».
2. Несенюк Т.А. Диагностирование изолирующих конструкций // Транспорт Урала. 2011. №3(30). С. 69–71.
3. Методические указания по дистанционному оптическому контролю изоляции воздушных линий электропередачи и распределительных устройств переменного тока напряжением 35-1150 кВ. СТО 56947007-29.240.003-2008.
4. Продвинутое использование библиотеки PYTORCH: от подготовки данных до визуализации [Электронный ресурс]. <https://habr.com/ru/articles/553716/> (дата обращения: 25.02.24).
5. Пойнтер Ян Программируем с PyTorch: Создание приложений глубокого обучения. СПб.: Питер, 2020. 256 с.

МОНИТОРИНГ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПОДСТАНЦИЙ

Валюк Анастасия Сергеевна¹, Акбулатова Азалия Данисовна²,
Алексеев Владислав Вадимович³, Аминова Камиля Рамилевна⁴

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Вассунова Юлия Юрьевна
^{1,2,3,4}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹anastasia.valyuk@mail.ru, ²azaliaak@mail.ru, ³vlad280104@mail.ru ⁴creationcam9@mail.ru

В данной статье рассматривается проблема обеспечения надежности и эффективности работы энергетических систем, особенно в условиях повышенной нагрузки и стремительного развития технологий. Основной причиной возникновения проблем является износ, поломки или неисправности в работе энергетического оборудования подстанций. Это может привести к серьезным последствиям, таким как простои, потери электроэнергии и аварии. В статье предлагается система мониторинга на основе использования ультразвуковых датчиков, синхронизированных между собой.

Ключевые слова: энергетическое оборудование, подстанции, ультразвуковые датчики, методы мониторинга, стационарная система.

MONITORING OF SUBSTATION POWER EQUIPMENT

Valyuk Anastasia S.¹, Akbulatova Azalia D.², Alekseev Vladislav V.³, Aminova Kamilya R.⁴
Scientific advisor Vassunova Yuliya Yu.

^{1,2,3,4}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹anastasia.valyuk@mail.ru, ²azaliaak@mail.ru, ³vlad280104@mail.ru ⁴creationcam9@mail.ru

This article discusses the problem of ensuring the reliability and efficiency of energy systems, especially in conditions of increased load and rapid development of technologies. The main cause of problems is wear, breakdowns or malfunctions in the operation of substation power equipment. This can lead to serious consequences such as downtime, power losses and accidents. The article proposes a monitoring system based on the use of ultrasonic sensors synchronized with each other.

Keywords: power equipment, substations, ultrasonic sensors, monitoring methods, stationary system.

Мониторинг энергетического оборудования подстанций играет важную роль в обеспечении надежности и эффективности работы

энергетических систем. Слежение за состоянием и работоспособностью оборудования позволяет своевременно выявлять возможные проблемы, предотвращать аварийные ситуации и оптимизировать процессы обслуживания.

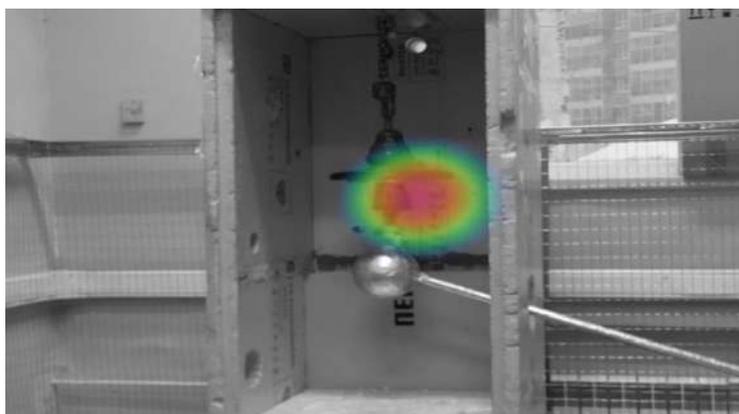
Современные энергетические системы подвержены различным видам нагрузок и воздействий, что может привести к износу, поломкам или неисправностям в работе оборудования подстанций. Отказы в работе трансформаторов, выключателей, реле, аппаратуры защиты и других узлов могут привести к серьезным последствиям, включая простои, потери электроэнергии и даже аварии.

В условиях повышенной нагрузки на энергетические системы, увеличения объемов потребляемой электроэнергии и стремительного развития технологий, вопрос обеспечения надежности и безопасности работы подстанций становится все более актуальным. Мониторинг состояния энергетического оборудования позволяет оперативно реагировать на возникающие проблемы, планировать профилактические мероприятия и повышать эффективность работы энергосистем в целом.

Существуют следующие методы мониторинга энергетического оборудования: магнитный, электрический, вихретоковый, радиоволновой, тепловой, визуально-оптический, акустический и ультразвуковой. Но один из наиболее точных и надежных способов мониторинга оборудования – это ультразвуковой метод. Ультразвуковой метод – неразрушающий метод контроля, обнаруживающий дефекты без повреждения изделия. Он способен обнаруживать даже малейшие дефекты, недоступные для визуального осмотра, и проводить анализ внутренних структур материала. Быстрый и эффективный, он подходит для контроля большого объема изделий [1].

Также есть и системы или приборы для мониторинга оборудования: 1) *Fluke ii900 (Fluke ii910)* – акустическое устройство с 64 направленными микрофонами для обнаружения утечек и нарушений оборудования; 2) *NL*-камера с 124 микрофонами для быстрого обследования и визуализации утечек на больших площадях в реальном времени; 3) *Distran Ultra m pro* – ультразвуковой прибор для визуализации утечек и повышения энергоэффективности установок; 4) *SMi Batcam V.2* – компактная ультразвуковая камера с 112 микрофонами для диагностики оборудования и обнаружения повреждений и утечек; 5) Акустический датчик частичных разрядов *AR-Sensor* от компании *DIMRUS* – может использоваться как с переносными приборами, так и в стационарных системах мониторинга и диагностики. Работает на частоте 40 кГц, регистрируя акустические импульсы от места возникновения дефекта [2].

Поэтому в работе предлагается стационарная система мониторинга энергетического оборудования подстанций с применением ультразвуковых датчиков, расположенных по периметру подстанций и синхронизированных между собой. В лаборатории КГЭУ проводился эксперимент по обнаружению дефектов изоляторов с помощью ультразвукового прибора – *NL* камеры (см. рисунок). В эксперименте мы использовали разбитый стеклянный высоковольтный изолятор и бездефектный изолятор. На изоляторы подавалось напряжение 9 кВ с помощью АИД70М. Измерения с помощью камеры проводились на расстоянии 2 м от объектов исследования. Разряд был классифицирован как поверхностный. Было отмечено, что с течением времени интенсивность разряда увеличивается и может привести к полному разрушению изоляции. На основе проведенного анализа рекомендуется произвести ремонт или замену поврежденных компонентов для предотвращения возможного полного разрушения изоляции.



Экспериментальная установка в лаборатории КГЭУ

В результате проведенного исследования была разработана стационарная система мониторинга энергетического оборудования подстанций с использованием ультразвуковых датчиков от компании *DIMRUS*. Эта система позволяет своевременно выявлять возможные проблемы, предотвращать аварийные ситуации и оптимизировать процессы обслуживания. Все данные можно будет хранить в облачном хранилище.

Источники

1. ПромМаш Тест [Электронный ресурс]. <https://prommash-test.ru/blog/preimushchestva-i-nedostatki-ultrazvukovogo-kontrolya/> (дата обращения: 06.03.2024)

2. Каталог датчиков для контроля состояния высоковольтного электротехнического оборудования [Электронный ресурс]. <https://dimrus.ru/yasearch.html?searchid=1886257&text=каталог датчиков&web=0> (дата обращения: 09.03.2024)

УДК 621.396.6

БЕСПРОВОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЗАРЯДКИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОГО И БЫТОВОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Гильманов Рамазан Маратович

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Семенников Антон Владимирович
ФГБОУ ВО «КГЭУ» г. Казань, Республика Татарстан
gilmanovramazan7@gmail.com

Данный тезис посвящен анализу беспроводных технологий зарядки, актуальных в эпоху глобализации и цифровизации. Рассматриваются основные принципы и стандарты, в том числе *Qi*, а также преимущества и недостатки внедрения этих технологий. Особое внимание уделено значению беспроводной зарядки для развития современных энергетических систем и её потенциалу в промышленном и бытовом применении.

Ключевые слова: беспроводная зарядка, технологии зарядки, стандарт *Qi*, промышленное применение, бытовое применение.

WIRELESS CHARGING TECHNOLOGIES FOR INDUSTRIAL AND HOME USE

Gilmanov Ramazan M.

Scientific advisor Semennikov Anton V.
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
gilmanovramazan7@gmail.com

This thesis is devoted to the analysis of wireless charging technologies that are relevant in the era of globalization and digitalization. The basic principles and standards, including *Qi*, are discussed, as well as the advantages and disadvantages of implementing these technologies. Particular attention is paid to the importance of wireless charging for the development of modern energy systems and its potential in industrial and domestic applications.

Keywords: wireless charging, charging technologies, Qi standard, industrial applications, household applications.

С развитием цифровой экономики и увеличением количества электронных устройств в повседневной жизни, потребность в эффективных и удобных способах их зарядки становится всё более актуальной. Беспроводные технологии зарядки представляют собой инновационное решение, которое облегчает использование устройств, минимизируя необходимость в постоянном подключении к проводным зарядным устройствам и улучшая качество жизни пользователей.

Беспроводная зарядка, также известная как передача энергии без проводов, обеспечивает передачу электромагнитной энергии по воздуху от источника к приемнику без использования проводных соединений. Эта технология применима для самых разнообразных устройств, от маломощной электрической зубной щетки до электромобилей, и обладает несомненным преимуществом в удобстве использования [1].

Принцип работы беспроводной зарядки основан на использовании индуктивной связи, где магнитное поле создается в зарядном устройстве при помощи электрического тока, проходящего через катушку. Это магнитное поле затем перехватывается катушкой в приемнике, преобразуясь обратно в электричество для зарядки аккумулятора. Такой процесс позволяет передавать энергию на расстояние без физического соединения, делая процесс зарядки более удобным и безопасным. Развитие этой технологии включает в себя не только индуктивную передачу, но и магнитно-резонансные методы, которые позволяют увеличить дистанцию передачи энергии и эффективность зарядки [1].

Основные технологии беспроводной зарядки включают не только индуктивную связь, но и магнитно-резонансную связь, а также использование радиочастотного или микроволнового излучения для передачи энергии. Эти методы расширяют возможности применения беспроводной зарядки, делая её пригодной для различных типов устройств и условий эксплуатации [2].

Также существует ряд стандартов беспроводной зарядки устройств, таких как: *PMA*, *Rezense*, *MagSafe*. Однако самым распространенным стандартом является *Qi*, который поддерживается практически всеми популярными производителями смартфонов [3]. Станции, работающие по этому стандарту, обычно предоставляют мощность от 5 до 15 Вт. В то время как большинство мобильных телефонов поддерживают зарядку мощностью 5 Вт или 7,5 Вт, существуют модели, способные заряжаться с

мощностью 10 Вт, 15 Вт и выше.

Внедрение беспроводных технологий зарядки в быту и промышленности открывает новые горизонты для удобства и эффективности. В быту эти технологии позволяют пользователям заряжать устройства, такие как смартфоны и планшеты, без необходимости иметь множество зарядных устройств и кабелей, тем самым сокращая беспорядок и упрощая процесс зарядки. В промышленности беспроводная зарядка может способствовать разработке более эффективных и безопасных систем питания для оборудования, уменьшая зависимость от проводных соединений и улучшая условия труда за счет снижения риска повреждения кабелей и контактов. Интеграция беспроводной зарядки в концепции умных городов и экосистем Интернета вещей (*IoT*) обещает революционизировать управление энергопотреблением и обслуживанием устройств, делая возможным бесперебойную работу без необходимости ручной зарядки, что способствует повышению эффективности городских инфраструктур и улучшению качества жизни граждан. Внедрение беспроводных технологий зарядки имеет ряд преимуществ, включая удобство для пользователей за счет сокращения количества необходимых зарядных кабелей, уменьшение размера устройств, повышение защищенности устройств, а также расширение возможностей применения устройств в условиях, где использование проводов или замена батарей нежелательны.

Однако, несмотря на эти преимущества, беспроводная зарядка имеет и недостатки, включая более высокую стоимость реализации по сравнению с традиционными методами зарядки и повышенное тепловыделение при работе, что требует использования более качественных материалов.

Итоги исследования подчеркивают значительные перспективы беспроводной зарядки как ключевого элемента в развитии цифровой экономики и повседневной жизни, обозначая новые направления для улучшения удобства использования, безопасности и экологичности электронных устройств. Освещение принципов работы, анализ стандартов и методов, а также оценка влияния на быт и возможности интеграции в экосистемы умных городов открывают дорогу для дальнейших инноваций и практического применения в различных сферах, способствуя созданию более гармоничного взаимодействия технологий и повседневной жизни.

Источники

1. Исследование беспроводной технологии передачи электричества [Электронный ресурс]. <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-besprovodnoy-tehnologii-peredachi-elektrichestva> (дата обращения: 10.10.2023).

2. Технологии беспроводной зарядки. Часть 1. Теоретические основы и способы аппаратной реализации [Электронный ресурс]. <https://wireless-e.ru/peredacha-energii/tehnologii-besprovodnoj-zaryadki-1/> (дата обращения: 10.10.2023).

3. Беспроводная зарядка. Как она работает на практике [Электронный ресурс]. <https://habr.com/ru/articles/443298/> (дата обращения: 10.10.2023).

УДК 621.384

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ СОПРЯЖЕНИЯ ПО БЕСПРОВОДНОМУ КАНАЛУ СВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ GSM МОДУЛЯ

Даутов Закария Айратович

Науч. рук. д-р. техн. наук, доц. Иванов Дмитрий Алексеевич

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

dautovza@gmail.com

В данной статье представлена разработка модуля сопряжения по беспроводному каналу связи, позволяющая обеспечивать энергетические установки способами беспроводной передачи данных об их состоянии. Результат такой работы снизит затраты в энергокомпаниях и улучшит их энергоэффективность.

Ключевые слова: GSM-модем, беспроводная связь, микроконтроллер, мониторинг и управление.

DEVELOPMENT OF A WIRELESS COMMUNICATION MODULE USING A GSM MODULE

Dautov Zakaria Airatovich

Scientific advisor Ivanov Dmitriy A.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

dautovza@gmail.com

This article presents the development of an interface module via a wireless communication channel, which allows power plants to be provided with methods of

wirelessly transmitting data about their status. The result of such work will reduce costs for energy companies and improve their energy efficiency.

Keywords: GSM modem, wireless communication, microcontroller, monitoring and control.

GSM-модемы обеспечивают беспроводную связь для передачи данных в условиях, где проводные соединения неэффективны или вовсе недоступны. Они могут применяться для мониторинга и управления удаленными устройствами, например, счетчиками, автоматическими системами контроля и управления, системами безопасности и т.д. Основными их преимуществами являются доступность, надежность, долговечность и простота использования, поддержка интерфейсов *RS232* и *RS485* для соединения с отраслевым оборудованием. Более того, при работе с этими устройствами необходимы лишь базовые технические навыки, достаточно иметь лишь некоторые знания из области программирования [1].

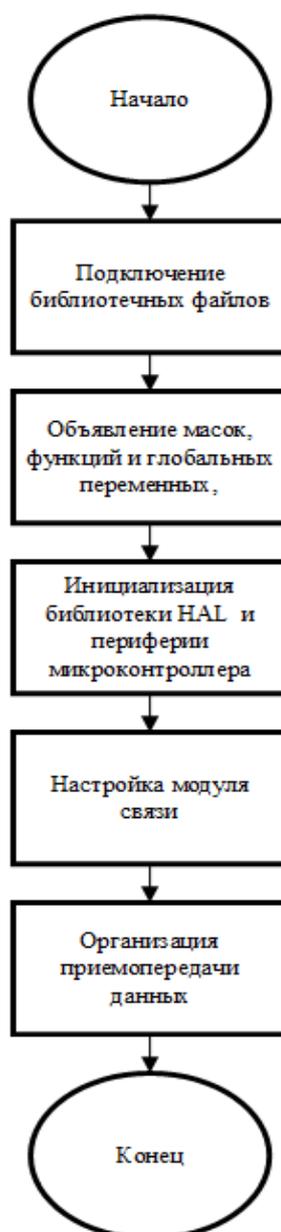
Для разработки был собран отладочный стенд, работающий следующим образом: в память микроконтроллера (МК) *STM32F103* устанавливается программное обеспечение, написанное на языке *C*. Для написания программы используется стандартная библиотека *HAL*. С помощью программатора *ST-LINK V2* осуществили прошивку МК. Также он позволяет отлаживать программу в МК в реальном времени. После загрузки программы в контроллер, при нажатии кнопки, которая имитирует сигнал с цифрового датчика происходит настройка модуля связи [2].

Для проверки базового функционала разработки, с помощью МК и модуля связи посылается сообщение на телефон. При нажатии кнопки осуществляется настройка модуля. Вместо кнопки может быть использован любой цифровой датчик с выходом типа *GPIO*. За проверку нажатия кнопки отвечает цикл *while (HAL_GPIO_ReadPin(GPIOB, GPIO_PIN_10))*, который задерживает исполнение оставшейся части кода до того, как на соответствующем контакте МК не будет зафиксирован логический 0. Для настройки модуля, микроконтроллером по интерфейсу передачи данных *UART* посылаются команды “*AT+CMGF=1*” (настройка передачи данных в режиме *SMS*) и “*AT+CMGS*” (установление номера адресата). Следом за настройкой модуля, следующее сообщение, которое будет передано на него по *UART*, будет послано в виде *SMS*-сообщения на телефон [3].

Для демонстрации работы модема была написана программа, которая позволяет передавать данные от подключенного к нему устройства через мобильные сети. Внешнее устройство подключается здесь с

использованием стандарта *RS232*. Для осуществления обмена данными с удаленным сервером используется соединение по протоколу *TCP/IP* через *LTE* технологии. Данные передаются в обоих направлениях в режиме прозрачной передачи.

Для разработки ПО использовалась программа *STM32CubeMX*, позволяющая производить автоматическую инициализацию всех необходимых узлов микропроцессорного устройства, а также программная библиотека *HAL*, свободно распространяемая компанией *STMicroelectronics*, для своих контроллеров. Блок-схема основной программы изображена ниже (см. рисунок).



Блок-схема основной программы

Источники

1. Алексеев В. GPS/GSM-модемы Enfoга для систем слежения за транспортными средствами // Беспроводные технологии. 2010. С. 6–13.
2. Саидгараева Р.Р. Обзор возможностей микроконтроллера STM32F103C8T6 и дисплея TM1637 // Проблемы и перспективы развития электроэнергетики электротехники: Материалы V Всероссийской научно-практической (с международным участием) конференции, посвященной празднованию 55-летия КГЭУ. 2023. С. 434–437.
3. Хмыров А.Б. Отправка SMS-сообщений через GSM-модем // Молодой ученый. 2014. С. 127–130.

УДК 621.315.1

АВТОМАТИЗАЦИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Идиятуллин Камиль Ильшатович¹, Латипов Ралиф Радикович²,

Валиуллин Роман Сергеевич³, Клыпин Евгений Юрьевич⁴

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Вассунова Юлия Юрьевна

^{1,2,3,4}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹kamil010104@gmail.com, ²raliflatipov2@gmail.com, ³true.hocky@mail.ru,

⁴andreyrazetka@gmail.com

В данной статье рассматривается актуальная проблема автоматизации в электроэнергетике с целью повышения эффективности и надежности работы энергосистемы. В статье представлен обзор существующих систем автоматизации, их основные преимущества и недостатки. Также рассматривается важность внедрения интегрированных систем мониторинга, управления и диагностики оборудования для оптимизации процессов в электроэнергетике. В заключении статьи делается вывод о необходимости развития и внедрения современных технологий автоматизации для повышения эффективности работы энергосистемы.

Ключевые слова: автоматизация, электроэнергетика, системы управления, мониторинг, диагностика, эффективность, надежность, оборудование, интеграция, технологии, оптимизация.

AUTOMATION IN THE ELECTRIC POWER INDUSTRY

Idiyatullin Kamil I.¹, Latipov Ralif R.², Valiullin Roman S.³, Klypin Evgeny Yu.⁴

Scientific advisor Vassunova Yuliya Yu.

^{1,2,3,4}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹kamil010104@gmail.com, ²raliflatipov2@gmail.com, ³true.hocky@mail.ru,

⁴andreyrazetka@gmail.com

This article discusses the actual problem of automation in the electric power industry in order to increase the efficiency and reliability of the power system. The article provides an overview of existing automation systems, their main advantages and disadvantages. The importance of the introduction of integrated monitoring, control and diagnostics systems for equipment optimization in the electric power industry is also considered. In conclusion, the article concludes that it is necessary to develop and implement modern automation technologies to improve the efficiency of the power system.

Keywords: automation, electric power industry, control systems, monitoring, diagnostics, efficiency, reliability, equipment, integration, technologies, optimization.

Автоматизация играет ключевую роль в современной энергетике, обеспечивая эффективное функционирование энергосистем и повышение их надежности. В условиях быстрого развития технологий и увеличения нагрузки на энергетические сети, автоматизированные системы становятся неотъемлемой частью инфраструктуры. Они обеспечивают мониторинг, диагностику и оптимизацию работы оборудования, а также объединение различных технологий для повышения эффективности производства и распределения электроэнергии.

Актуальность исследования автоматизации в электроэнергетике обусловлена рядом факторов:

1. Рост энергопотребления [1]: с увеличением числа пользователей электроэнергии возрастает нагрузка на энергосистемы, что требует более эффективного управления и контроля над ними.

2. Технические изменения: появление новых технологий, таких как возобновляемые источники энергии и электромобили, требует улучшения нынешних систем управления.

3. Надежность и безопасность: автоматизация позволяет оперативно реагировать на аварийные ситуации и ЧП, предотвращать отключения и обеспечивать непрерывное электроснабжение оборудования.

Цель статьи ориентирована на привлечение внимания к важности автоматизации в сфере электроэнергетики для обеспечения стабильности и

эффективности работы энергосистем, а также для повышения уровня безопасности и экономической эффективности данной отрасли.

Основная часть работы на тему "Автоматизация в электроэнергетике" включает следующие пункты:

1. Технологии автоматизации [2] в электроэнергетике: описание основных технологий, используемых для автоматизации процессов в электроэнергетике, таких как системы SCADA, ИИ [3], блокчейн и др. Объяснение, как эти технологии помогают улучшить управления энергосистемами и обеспечить стабильность работы.

2. Примеры успешной реализации автоматизированных систем управления: изучение конкретных примеров внедрения автоматизированных систем управления в электроэнергетике и их положительного влияния на работу энергосистемы. Анализ результатов и выявление преимуществ использования автоматизации в отрасли.

3. Влияние автоматизации на эффективность и надежность работы энергосистем: рассмотрение влияния автоматизации на уровень надежности и безопасности работы энергосистем [4]. Оценка улучшения качества обслуживания потребителей и уменьшение времени реагирования на аварийные ситуации.

4. Перспективы развития автоматизации в электроэнергетике: прогнозирование будущего развития автоматизации в отрасли и ее влияния на работу систем. Рассмотрение новых технологий, которые могут быть применены для улучшения процессов управления электроэнергетикой.

5. Выводы: суммирование основных результатов и выводов, сделанных в ходе работы. Подчеркивание важности автоматизации в электроэнергетике для обеспечения стабильности, надежности и эффективности работы отрасли.

Таким образом, автоматизация в электроэнергетике – это не просто технологический шаг вперед, а ключевой фактор, обеспечивающий функционирование отрасли и удовлетворение потребностей современного общества.

Источники

1. Жеребцов И.П. Основы электроники – 5-е изд., перераб. и доп. Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1989. 352 с.

2. Голенищев-Кутузов А.В., Хуснутдинов Р.А., Марданов Г.Д. Комплексный дистанционный контроль высоковольтных изоляторов,

находящихся под рабочим напряжением // Электротехника. 2017. № 2. С. 71–73.

3. Ревич Ю.В. Занимательная электроника – 5-е изд., перераб. и доп. СПб.: БХВ-Петербург, 2018. 672 с.

4. Иванов Д.А., Галиева Т.Г. Диагностика воздушных линий электропередачи роботизированными комплексами беспилотными летательными аппаратами // Актуальные вопросы энергетики. 2020. Т. 2. №1. С. 38.

УДК 681.2., 542.3

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ГРУНТА В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Кочеткова Азалия Адиповна¹, Шакирзянов Марат Альбертович²

Науч. рук. д-р. техн. наук, доц. Иванов Дмитрий Алексеевич

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹azalkakarimova.16@mail.ru, ²maratlol@mail.ru

Для создания качественных дорог и постройки высоких сооружений требуется информация о таком значительном показателе, как влажность почвы – отношение веса воды в почве к весу этой почвы, высушенной до стабильного состояния. Этот показатель рассчитывается для определения: предполагаемого сжатия, потребности в дополнительном укреплении, допустимого давления.

Ключевые слова: влажность грунта, плотность скелета грунта, нагреватель, усадка грунта, весы.

A DEVICE FOR MEASURING SOIL MOISTURE IN THE FIELD

Kochetkova Azaliya A.¹, Shakirzyanov Marat A.²

Scientific advisor Ivanov Dmitriy A.

^{1,2}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹azalkakarimova.16@mail.ru, ²maratlol@mail.ru

To create high-quality roads and build tall structures, information is required on such a significant indicator as soil moisture - the ratio of the weight of water in the soil to the weight of this soil, dried to a stable state. This indicator is calculated to determine: the expected compression, the need for additional reinforcement, and the allowable pressure.

Keywords: soil moisture, soil skeleton density, heater, soil shrinkage, scales.

Разработанное устройство представляет собой портативное устройство, предназначенное для испытаний на месте, что исключает необходимость транспортировки образцов и значительно ускоряет процесс анализа и интерпретации результатов измерений, а также предоставляет оперативную информацию о состоянии грунта [1]. Проблема заключается в том, что существующие приборы не обеспечивают автономного измерения влажности грунта по ГОСТ 5180-2015 и, следовательно, полученные данные о влажности грунта не могут быть использованы при проектировании и строительстве дорог и высотных зданий. Технический результат заключается в разработке автономного устройства для экспресс-измерения влажности грунта при температуре 150°C за 15 минут или в соответствии с ГОСТ 5180-2015 за 3 часа при температуре $105^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$. Это решение позволяет проводить измерения влажности двумя методами и исключает необходимость транспортировки образцов [2].

Сущность полезной модели поясняется чертежом, где изображена структурная блок-схема (рис. 1) [3]. Внешний вид изображен на рисунке 2.

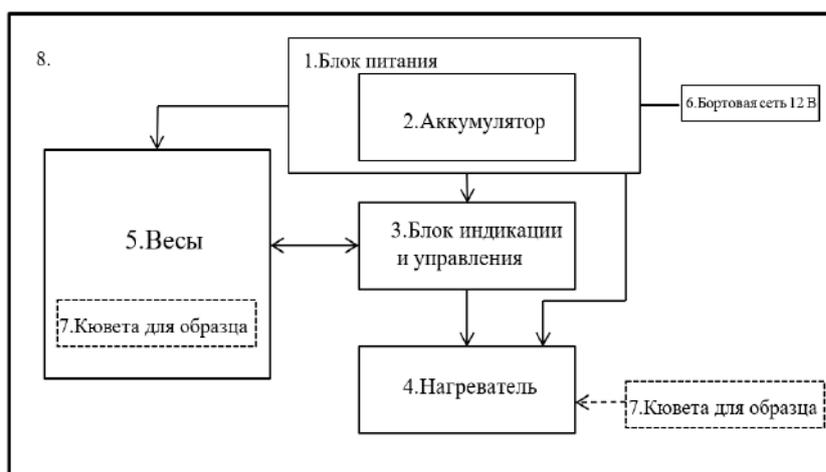


Рис. 1. Блок-схема устройства



Рис. 2. Устройство в открытом и рабочем состоянии [4]

В камеру для образцов (кювету) 7 помещается исследуемый образец грунта (с возможным содержанием каменистых включений до 1 см³). Камера помещается на весы для взвешивания 5, где фиксируется исходный вес. Затем камера с образцом устанавливается в нагреватель 4. Температура поднимается до 150 °С за 15 минут для экспресс-метода или до 105 ± 2 °С за 3 часа для метода по ГОСТ 5180-2015. После этого снова производится взвешивание, и индикатор 3 отображает потерю веса образца в процентах из-за испарения влаги [5].

Таким образом, была осуществлена разработка устройства для определения влажности грунта двумя методами: по ГОСТ 5180-2015 и экспресс-методом, что может значительно облегчить измерения влажности грунта для последующего использования при строительстве.

Источники

1. Ананьев И.П., Зубец В.С., Белов А.В. и др. Устройство для внутрипочвенного измерения агротехнологических характеристик пахотного слоя почвы в движении. Патент РФ 2537908. Рег. 10.01.2015.

2. Аскеров К.А., Мардахаев А.В., Хидиров А.Ш. О диэлькометрическом методе измерения влажности почвы (TDR метод) // Вестник Азербайджанской инженерной академии. 2022. Т. 14. №3. С. 104–122.

3. Якушев В.П., Ананьев И.П., Тулин Е.В., и др. Современные методы диэлькометрического контроля в технологиях сельскохозяйственного производства // Плодородие. 2007. №5. С. 28–31.

4. Ананьев И.П. Двухкомпонентная диэлектриметрия сельскохозяйственных материалов. Автогенераторные измерительные преобразователи. Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2012. 311 с.

5. Уланов П.Н. Диэлькометрические измерения почвенных образцов для задач дистанционного зондирования подстилающей поверхности на частоте 1,41 ГГц // Известия АО РГО. 2018. №1(48). С. 92–95.

ОБЗОР МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ПОСРЕДСТВОМ БПЛА

Кузеев Дамир Радифович¹, Зинатуллин Альберт Раифович²,
Маннанов Ильгам Ренатович³, Липин Георгий Васильевич⁴
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Вассунова Юлия Юрьевна
^{1,2,3,4}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
¹kuzeev05@mail.ru

С каждым годом беспилотные летательные аппараты пользуются большим спросом, в том числе в области электроэнергетики. В данной статье рассматриваются методы интеллектуального мониторинга воздушных линий электропередач.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, линии электропередачи, мониторинг, камера, сканирование.

OVERVIEW OF METHODS FOR INTELLIGENT MONITORING OF OVERHEAD POWER LINES BY UAVS

Kuzeev Damir R.¹, Zinatullin Albert R.², Mannanov Ilgam R.³, Lipin Georgy V.⁴
Scientific advisor Vassunova Yuliya Yu.
^{1,2,3,4}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
¹kuzeev05@mail.ru

Unmanned aerial vehicles are in great demand every year, including in the field of electric power industry. This article discusses the methods of intelligent monitoring of overhead power lines.

Keywords: unmanned aerial vehicle, power lines, monitoring, camera, scanning

В настоящее время беспилотные летательные аппараты (БПЛА) пользуются широким спросом в различных отраслях промышленности. Одной из таких отраслей является область электроэнергетики, а точнее системы интеллектуального мониторинга воздушных линий электропередач. Данный мониторинг воздушных линий электропередачи с применением беспилотных летательных аппаратов позволяет быстро обнаруживать неисправности, предотвращать аварийное отключение линий электропередачи, а также сокращает время диагностики [1]. Далее

рассмотрим методы интеллектуального мониторинга воздушных линий электропередачи посредством БПЛА. Из существующих методов диагностики мы рассмотрим наиболее применяемые: визуальное сканирование, тепловизионное сканирование, мультиспектральное сканирование, патрулирование.

Первым рассмотрим метод визуального сканирования. Данный метод заключается в том, что специалист с помощью дрона, оборудованного высокотехнологичной камерой, может проводить фото- или видео съёмку конструкции высоковольтных линий электропередачи. Фотографии, сделанные с воздуха, позволяют обнаружить различные неисправности, такие как падение и повреждения опор, нарушения их целостности и отклонения от вертикали, обрыв и провисание проводов, а также выявить проблемные зоны с нависшими кустарниками или деревьями, упавшими на провода, и обнаружить подозрительные объекты в охраняемой зоне.

Следующий способ – тепловизионное сканирование. Тепловизионное сканирование с использованием БПЛА представляет собой метод, при котором на беспилотном летательном аппарате устанавливается тепловизионная камера. Тепловизионная камера способна регистрировать инфракрасное излучение, что позволяет обнаруживать температурные аномалии на поверхности объектов. В случае высоковольтных линий электропередачи, тепловизионное сканирование может использоваться для обнаружения перегревов, дефектов изоляции, перегретых соединений и других аномалий, которые могут указывать на проблемы в работе линии.

Далее рассмотрим метод мультиспектрального сканирования. Мультиспектральное сканирование с помощью БПЛА предполагает использование мультиспектральной камеры, способной регистрировать изображения в различных спектральных диапазонах. Это позволяет получать данные о состоянии растительности, почвы и других объектов в окрестностях высоковольтных линий электропередачи. Анализ данных, полученных с мультиспектральной камеры, может помочь выявить изменения в окружающей среде, которые могут быть связаны с проблемами безопасности или изоляцией линии.

Последний рассматриваемый метод – патрулирование. БПЛА могут использоваться для патрулирования по высоковольтным линиям электропередачи, осуществления дистанционного мониторинга состояния линий и быстрого реагирования на обнаруженные проблемы. Благодаря этому можно быстро обнаруживать и устранять проблемы на линиях

передачи электроэнергии, что помогает избежать чрезвычайных ситуаций и обеспечить стабильное электроснабжение.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что применение беспилотных летательных аппаратов, особенно в труднодоступных районах и при чрезвычайных ситуациях, является одним из наилучших средств получения оперативной информации о состоянии воздушных линий электропередачи. У каждого метода диагностики есть свои сильные стороны. Например, если мы хотим оценить визуальную обстановку конструкций воздушных линий электропередачи, мы будем использовать метод визуального сканирования, а для определения нагрева конструкций лучше использовать метод тепловизионного сканирования [2-4].

Источники

1. Кузеев Д.Р., Валюк А.С., Галиева Т.Г. Обзор методов диагностики воздушных линий электропередачи с применением БПЛА // Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники: Материалы V Всероссийской научно-практической (с международным участием) конференции, посвященной празднованию 55-летия КГЭУ. В 2-х томах, Казань, 11-12 октября 2023 года. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2023. С. 40–44.

2. Абашев А.Р. Диагностика удаленных линий электропередачи // Безопасность в электроэнергетике и электротехнике: Всероссийская студенческая научная конференция, посвященная 90-летию УГПИ-УдГУ, Ижевск, 23 апреля 2021 года. Ижевск: Удмуртский государственный университет, 2021. С. 103–107.

3. Дикой В.П., Левандовский А.А., Арбузов Р.С. и др. Мониторинг состояния воздушных линий электропередачи с использованием беспилотного летательного аппарата // Энергия единой сети. 2014. № 2(13). С. 16–25.

4. Иванкина Ю.В., Замудряков Ю.Г. Беспилотные летательные аппараты: применение в целях диагностирования воздушных линий // Актуальные проблемы и перспективы инновационной агроэкономики: Сборник статей Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции, Саратов, 25 декабря 2020 года. Саратов: ООО "Центр социальных агроинноваций СГАУ", 2020. С. 132–135.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА РАБОТУ БЕСПРОВОДНЫХ УСТРОЙСТВ

Кузнецов Александр Андреевич

Науч. рук. канд. пед. наук, доц. Закиева Рафина Рафкатовна

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

churup2001@mail.ru

В данной статье рассматриваются основные аспекты влияния, такие как искажение сигналов, нагрев компонентов, увеличение энергопотребления и ограничение дальности действия. Предлагаются методы защиты устройств, включая управление частотным спектром, фильтрацию сигналов и соблюдение стандартов ЭМС.

Ключевые слова: электромагнитное поле, ЭМС, защита устройств, беспроводные устройства.

THE EFFECT OF ELECTROMAGNETIC FIELDS ON THE OPERATION OF WIRELESS DEVICES

Kuznetsov Alexander A.

Scientific advisor Zakieva Rafina R.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

churup2001@mail.ru

This article discusses the main aspects of the effect, such as signal distortion, component heating, increased energy consumption and range limitation. Methods of device protection are proposed, including frequency spectrum management, signal filtering and compliance with EMC standards.

Keywords: electromagnetic field, EMC, device protection, wireless devices.

В наше время, когда беспроводные технологии стали неотъемлемой частью нашей повседневной жизни, вопрос воздействия электромагнитных полей на беспроводные устройства становится крайне актуальным исследовательским направлением. С увеличением числа этих устройств и развитием новых стандартов связи, таких как 5G, необходимо глубокое понимание воздействия электромагнитных полей на работу беспроводных устройств для обеспечения их стабильной и надежной работы [1].

Электромагнитные поля (ЭП), создаваемые различными источниками, могут оказывать негативное влияние на функционирование беспроводных устройств, таких как *Wi-Fi* маршрутизаторы, *Bluetooth* устройства [2]. Рассмотрим основные аспекты этого влияния:

1. Искажение сигналов. ЭП могут привести к искажению сигналов, передаваемых или принимаемых беспроводными устройствами, что может вызвать потерю данных и снижение качества связи (искажение и уменьшение скорости передачи данных).

2. Нагрев компонентов. Высокочастотные ЭП могут привести к нагреву элементов беспроводных устройств, что, в свою очередь, может повлиять на их работоспособность и долговечность.

3. Увеличение энергопотребления. Устройства могут потреблять больше энергии при попытках компенсировать воздействие помех и поддерживать стабильное соединение.

4. Ограничение дальности действия. Электромагнитные поля могут сокращать дальность действия беспроводных устройств, особенно при высокой интенсивности помех, например, в офисе, торговых центрах [3].

В качестве решения данной проблемы предлагаю использование следующих методов защиты:

1. Управление частотным спектром: применение технологий, таких как *Dynamic Frequency Selection (DFS)*, позволяет беспроводным устройствам автоматически выбирать наилучшие доступные частоты для минимизации интерференций. Это особенно актуально в области *Wi-Fi*, где конфликты на частотах могут влиять на производительность [4].

2. Фильтрация сигналов: использование фильтров для очистки сигналов от нежелательных помех может значительно повысить качество связи. Фильтры могут быть встроены непосредственно в аппаратное обеспечение беспроводных устройств.

3. Электромагнитная совместимость (ЭМС): обеспечение соответствия устройств стандартам по электромагнитной совместимости помогает предотвратить возможные интерференции [5]. Производители должны следовать нормативам и тестировать свои продукты на электромагнитную совместимость.

Всегда актуальная проблема влияния электромагнитных полей на беспроводные устройства требует системного подхода и инновационных решений. Мой опыт и исследования призваны не только выявить проблемы, но и предложить конкретные шаги для их решения, обеспечивая нам более стабильное и надежное взаимодействие с беспроводными технологиями в будущем.

Источники

1. Мостовщиков А.В., Тихонов Д.В., Приходько Ю.С. Влияние электромагнитного поля промышленной частоты на физико-химические свойства микро-и нанопорошков алюминия // Журнал технической физики. 2021. Т. 91. №9. С. 1415–1418.
2. Чумаров С.Г., Савинов Р.Н. Исследование влияния электромагнитных помех на метрологические характеристики радиоэлектронной продукции // Фундаментально-прикладные проблемы безопасности, живучести, надёжности, устойчивости и эффективности систем: материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. Елец: Елецкий государственный университет им. И.А. Бунина. 2020. С. 409–412.
3. Прицепова С.А. Электромагнитные поля, защита и профилактика от неблагоприятного действия // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (ТрансПромЭк 2020). 2020. С. 56–58.
4. Deruelle F. The different sources of electromagnetic fields: Dangers are not limited to physical health // Electromagnetic biology and medicine. 2020. Vol. 39. No. 2. PP. 166–175.
5. Wang X.Y. et al. Electromagnetic interference shielding materials: recent progress, structure design, and future perspective // Journal of Materials Chemistry C. 2022. Vol. 10. No. 1. PP. 44–72.

УДК 621.3.048

СКАНИРУЮЩИЙ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДИАГНОСТИКИ ОПОРНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ

Маврин Данил Геннадьевич

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Садыков Марат Фердинантович

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

danil.navrin@yandex.ru

В статье произведен краткий обзор недостатков текущих способов и методов диагностики опорных изоляторов, и предложен альтернативный метод диагностики при помощи сканирующего программно-аппаратного комплекса, который лишен недостатков существующих подходов к диагностике изоляторов.

Ключевые слова: диагностика, опорный изолятор, способ, метод, неразрушающий контроль, программно-аппаратный комплекс.

SCANNING HARDWARE AND SOFTWARE COMPLEX FOR DIAGNOSTICS OF SUPPORT INSULATORS

Mavrin Danil G.

Scientific advisor Sadykov Marat F.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

danil.navrin@yandex.ru

The article provides a brief overview of the disadvantages of current methods and methods for diagnosing support insulators, and suggests an alternative diagnostic method using a scanning hardware and software complex, which is devoid of the disadvantages of existing approaches to the diagnosis of insulators.

Keywords: diagnostics, support insulator, method, method, non-destructive testing, hardware and software complex.

Электроэнергетика – один из самых важных аспектов устойчивого развития и процветания всех сегментов человеческой жизни. Надежность электроэнергетических систем – это главное условие для непрерывного развития человечества. Распределение электроэнергии – одна из самых важных задач электроэнергетических систем, а распределительное устройство (РУ), важным элементом которой является опорный изолятор (ОИ), является одним из главных элементов таких систем. Для бесперебойной работы распределительных сетей важно выполнять регулярный контроль и диагностику состояния ОИ [1].

Большинство современных способов диагностики изоляторов опираются на визуальный контакт с объектом исследования. Данный факт делает эти методы крайне зависимыми от погодных условий, загрязнений изолятора, и прочих внешних факторов. Некоторые методы диагностик, например резонансный метод акустического неразрушающего контроля, требуют непосредственного контакта персонала на объекте с оборудованием под напряжением, что увеличивает риски получения травмы на рабочем месте [2].

Чтобы решить проблему зависимости от внешних и погодных факторов, а также иметь возможность диагностировать оборудование как под нагрузкой, так и без нее без потери в автономности/дистанции диагностики, был разработан программно-аппаратный комплекс, который лишен данных

недостатков, и опирается на новый метод регистрации резонансных колебаний.

Метод регистрации резонансных колебаний считывает и сканирует параметры резонансных частот, которые возбуждаются в опорных изоляторах.

Метод регистрации резонансных колебаний обеспечивает контроль механической прочности изоляторов [3].

Возбуждение резонансных колебаний осуществляется за счет возбудителя особой конструкции (рис. 1), на который подается сигнал определенной частоты и амплитуды. Лазерный виброметр, входящий в состав программно-аппаратного комплекса, дистанционно фиксирует наличие колебания в изучаемом объекте. Состояние механической прочности изолятора определяют по отклонению от стандартных резонансных частот или по их полному отсутствию.

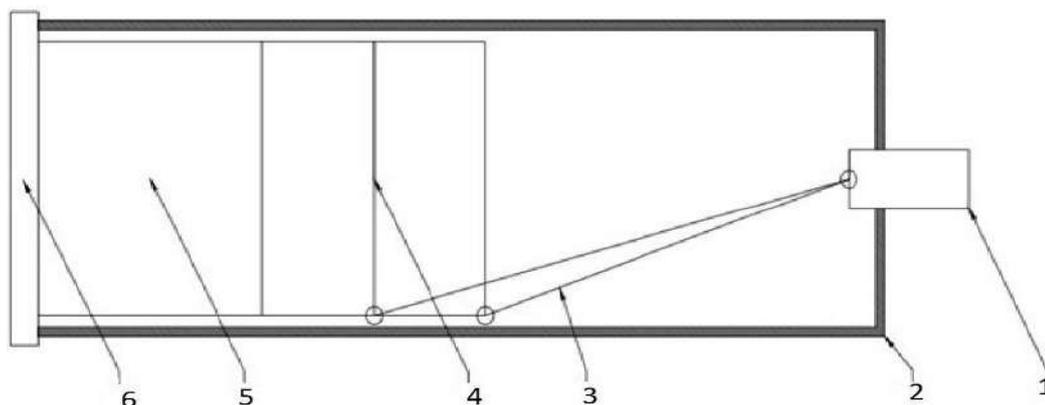


Рис. 1. Устройство возбуждателя

На рисунке изображен разрез датчика-возбудителя, цифрами обозначены основные его элементы: 1) Ответная часть высокочастотного разъема *BNC*. 2) Корпус. 3) Контактная/коммутационная группа. 4) Свинцовый цилиндр. 5) Пьезо-преобразователи. 6) Магнитная крышка-крепление.

Полученные результаты мы видим в режиме реального времени в рабочей области сформированного интерфейса управления. В том же рабочем пространстве мы можем задавать параметры возбуждения. Пример нахождения резонансной частоты для опорного изолятора 35 кВ изображен на рисунке 2.

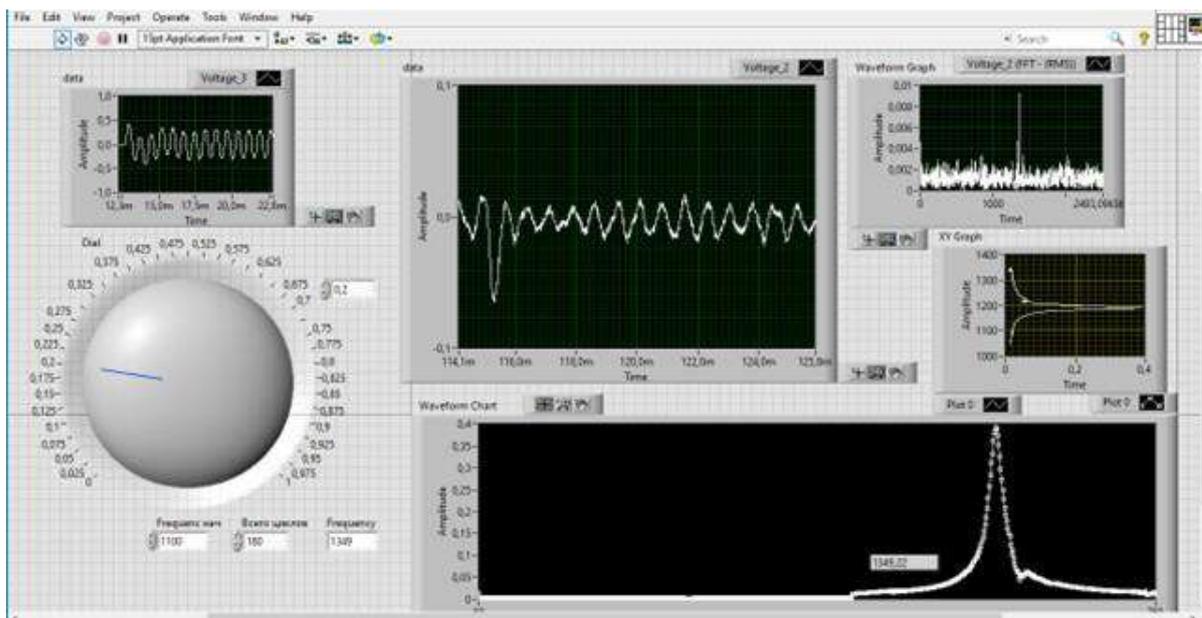


Рис. 2. Рабочее пространство интерфейса управления программно-аппаратного комплекса

Ключевой особенностью разработанного комплекса диагностики является отсутствие необходимости напрямую контактировать с опорным изолятором, который находится под высоким напряжением [4]. Благодаря возбудителю с магнитной подошвой, у нас есть возможность разместить его на смежной металлоконструкции, балке, опоре, на которую смонтирован изолятор, и тем самым косвенно возбуждать изолятор. Магнит на фронтальной части датчика позволяет осуществлять удобный монтаж возбудителя. Лазерный виброметр позволяет снимать показания на расстоянии до 30 метров от возбуждаемого объекта. Все вышеперечисленные плюсы позволят новому методу диагностики получить широкое распространение в профессиональной среде.

Источники

1. Духомовская Л.Х., Ларионов В.П., Пинталь Ю.С., и др. Техника высоких напряжений. М: Энергия, 1976. 473 с.
2. Обзор аварийности и травматизма в электроэнергетических системах государств-участников СНГ за 2020 год. Инф. бюллетень № 21. Исп. ком. Электроэнергетического совета СНГ, 2021.
3. Лопухова Т.В., Усачев А.И., Чернов К.П. Техника высоких напряжений. Изоляция и перенапряжения. Казань: Казан. Гос. Энерг. Ун-т, 2012. 176 с.

4. Голенищев-Кутузов, А.В., Голенищев-Кутузов В.А., Иванов Д.А., и др. Дистанционный контроль технического состояния фарфоровых высоковольтных изоляторов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2018. Т. 20. № 3-4. С. 99–107.

УДК 621.3.048

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ОПОРНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ (ОБЗОР)

Маврин Данил Геннадьевич

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Садыков Марат Фердинантович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
danil.navrin@yandex.ru

В статье произведен обзор наиболее популярных способов и методов диагностики опорных изоляторов. Произведен сравнительный анализ представленных методов, обозначены ключевые недостатки и преимущества каждого из них.

Ключевые слова: диагностика, опорный изолятор, способ, метод, неразрушающий контроль.

MODERN DIAGNOSTIC METHODS FOR SUPPORT ISOLATORS (REVIEW)

Mavrin Danil G.

Scientific advisor Sadykov Marat F.
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
danil.navrin@yandex.ru

The article provides an overview of the most popular methods and methods for diagnosing support insulators. A comparative analysis of the presented methods is carried out, the key disadvantages and advantages of each of them are identified.

Keywords: diagnostics, support insulator, method, method, non-destructive testing.

Опорный изолятор (ОИ) – неотъемлемая часть современного распределительного устройства. Изолятор способствует предотвращению коротких замыканий между токоведущими частями (шины и токопроводы) и опорами, на которых они расположены [1].

Контроль состояние опорных изоляторов не является тривиальной задачей, ввиду их большого количества в объектах энергосистемы и, зачастую, ограниченным доступом к местам их установки. Ввиду частой потребности проведения диагностики ОИ под напряжением, необходимо применение гибких и адаптивных систем мониторинга состояния опорных изоляторов, которые без риска для жизни и эксплуатации, позволяли бы получать широкую и достоверную информацию о состоянии ОИ [2].

На сегодняшний день, наиболее востребованы методы, позволяющие проводить диагностику под нагрузкой. Среди данных способов выделяются несколько типов неразрушающего контроля: радиоволновой, акустический, оптический, тепловой [3].

При помощи первого метода мы можем анализировать параметры упругих волн, возникающих или возбуждаемых в объекте исследования. В качестве главных параметров диагностики и контроля можно выделить структуру материала и механическую жесткость объекта.

Два следующих метода регистрируют температуру и нагрев в случае теплового контроля, инфракрасное излучение и коронные разряды в случае оптического контроля.

Оптический неразрушающий контроль (ОНК) основан на регистрации параметров собственного оптического излучения исследуемого объекта и осуществляется с целью определения нарушений на поверхности изолятора (загрязнения, сколы, крупные трещины на поверхности и прочее).

При ОНК используют следующие методы: визуально-оптический метод, метод рассеянного излучения, рефлектометрический метод.

Визуально-оптический метод – это простой визуальный осмотр ОИ.

Рефлектометрический метод в основе опирается на интенсивность светового потока отражённого от объекта исследования.

Метод рассеянного излучения в основе своей ориентируется на регистрацию характеристик волн или потока частиц, рассеянных от дефектного участка. Озвученные выше методы крайне зависимы от окружающей среды и погодных условий.

Радиоволновой неразрушающий контроль (РНК) основан на регистрации изменений параметров электромагнитных волн радиодиапазона, взаимодействующих с контролируемым объектом.

Проникающие свойства радиоволн сантиметрового и миллиметрового диапазонов, позволяют обнаруживать дефекты на поверхности изделий из неметаллических материалов. Радиоволновой контроль из-за малой проникающей способности микрорадиоволн не позволяет выявлять скрытые повреждения изолятора и имеет низкую эффективность. Метод также

восприимчив к окружающей среде, недоступен для диагностики без напряжения.

Тепловой неразрушающий контроль (ТНК) основан на анализе параметров тепловых полей контролируемых объектов и осуществляется с целью определения очагов локального нагрева на поверхности изолятора, вызванных снижением диэлектрических свойств изолятора в результате загрязнений, поверхностных сколов и крупных трещин. ТНК в большинстве случаев выявляет дефекты, связанные с нарушением электрической прочности изолятора. В некоторых случаях выявляются критические дефекты, связанные с нарушением механической прочности изолятора. Метод зависим от внешних факторов, внутреннего сопротивления изоляторов, а также необходим высокий класс точности тепловизора.

Акустический неразрушающий контроль (АНК), основан на анализе параметров упругих волн, возникающих в контролируемом объекте.

Популярным методом диагностики в АНК является резонансный метод. Резонансный метод – разновидность АНК. Он основан на регистрации параметров механических колебаний, возбуждённых в контролируемом объекте. Данный метод используют для контроля механической прочности ОИ [4]. Возбуждение резонансных механических колебаний выполняют воздействием на изолятор механической вибрацией. Состояние механической прочности изолятора определяют по частотному спектру зарегистрированных вынужденных резонансных механических колебаний изолятора.

Проанализировав полученную информацию, можно сделать выводы по основным недостаткам и слабым местам распространенных методов диагностики. Оптический, радиоволновой и тепловой неразрушающий контроль крайне зависим от внешних факторов. Их методы нуждаются в хороших походных условиях, видимости, критичны к перепадам температур. Также, большинство методов применимы только для оборудования под нагрузкой. Резонансный метод акустического неразрушающего контроля хоть и лишен данных недостатков, но сильно уступает в удобстве эксплуатации. Для работы приборов по резонансному методу необходим оператор, который через изолирующую штангу будет находиться в постоянном контакте с ОИ, а ограниченный доступ к оборудованию будет создавать дополнительные риски [5].

Источники

1. Ушаков В.Я. Изоляция установок высокого напряжения. М.: Энергоатомиздат, 1994. 496 с.
2. Дхомовская Л.Х., Ларионов В.П., Пинталь Ю.С., и др. Техника высоких напряжений. М: Энергия, 1976. 473 с.
3. Лопухова Т.В., Усачев А.И., Чернов К.П. Техника высоких напряжений. Изоляция и перенапряжения. Казань: Казан. Гос. Энерг. Ун-т, 2012. 176 с.
4. Мобильный индикаторный комплекс МИК-2. Руководство по эксплуатации. НПО «Логотех». 427613-001-30992818-2019 РЭ.
5. Голенищев-Кутузов А.В., Ахметвалеева Л.В., Еникеева Г.Р., Иванов Д.А., Семенников А.В., Марданов Г.Д. Дистанционная диагностика дефектов в высоковольтных изоляторах // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22. №2. С. 117–127.

УДК 004.31

РАЗРАБОТКА УЧЕБНОГО СТЕНДА НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА СЕРИИ STM32

Маслов Савелий Юрьевич

Науч. рук. д-р техн. наук, доц. Иванов Дмитрий Алексеевич

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

saveli2000@gmail.com

В связи с ростом спроса на квалифицированных кадров, способных осуществлять программирование и отладку микроконтроллерных систем, возникла необходимость в конструировании специальных устройств (учебных стендов), позволяющих производить эффективное обучение студентов. В статье рассмотрена структура разрабатываемого учебного стенда для изучения работы микроконтроллера серии *STM32*.

Ключевые слова: микропроцессор, микроконтроллерная система, Гарвардская архитектура, учебные стенды, энергоэффективность.

DEVELOPMENT OF A TRAINING STAND BASED ON THE STM32 SERIES MICRO-CONTROLLER

Maslov Saveliy Yu.

Scientific advisor Ivanov Dmitriy A.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

saveli2000@gmail.com

Due to the growing demand for qualified personnel capable of programming and debugging microcontroller systems, there is a need to design special devices (training stands) that allow effective training of students. The article discusses the structure of the developed training bench for studying the operation of the STM32 series microcontroller.

Keywords: microprocessor, microcontroller system, Harvard architecture, educational stands, energy efficiency.

Активное развитие полупроводниковых технологий позволило разместить на поверхности кристалла полупроводника огромное количество транзисторов (к примеру, в настоящий момент создаются кристаллы площадью 500 мм² содержащие около 14 миллиардов транзисторов). В результате возросли вычислительные мощности, что в свою очередь привело к разработке специальных устройств – микропроцессоров, позволяющих выполнять сложные вычислительные и математические операции с достаточно высоким быстродействием.

Следующим шагом было создание микроконтроллеров. В состав данных устройств входят несколько видов памяти (ПЗУ и ОЗУ), процессор, порты ввода/вывода, позволяющие работать с внешним оборудованием. Благодаря возможности управления периферийными устройствами данные микросхемы получили повсеместное распространение в современном мире [1].

В связи с этим возник закономерный спрос на специалистов, способных осуществлять программирование данных устройств. Обучение таких кадров должно производиться на специализированном оборудовании, так называемых «учебных стендах».

Разрабатываемый учебный стенд строится на базе 32 битного микроконтроллера *STM32F103C8T* реализованного на ядре *Cortex-M3*, имеющего гарвардскую архитектуру (рис. 1).

В отличие от архитектуры Фон Неймана, в которой нет разделения памяти программ и памяти данных (однородная память), в Гарвардской

архитектуре память программ и данных представляют собой разные физические устройства, также разделены шина команд и шина данных [2].

К особенностям данного МК можно отнести одновременное выполнение и обработку команд и данных, единое адресное пространство объёмом 4 Гб, возможность эффективного использования ОЗУ, возможность адресации слов, полуслов, байт, способность выполнять битовые операции в ОЗУ и периферийных устройствах. Стоит отметить, что применение унифицированных блоков приводит к повышению быстродействия и повышению степени интеллектуальности периферийных устройств. К несомненным плюсам данного МК также можно отнести наличие большого количества внутренних проблемно-ориентированных магистралей, простоту компоновки печатной платы, а также возможность осуществить управление синхронизацией внутренних магистралей и периферийных устройств полностью программным путем [3].

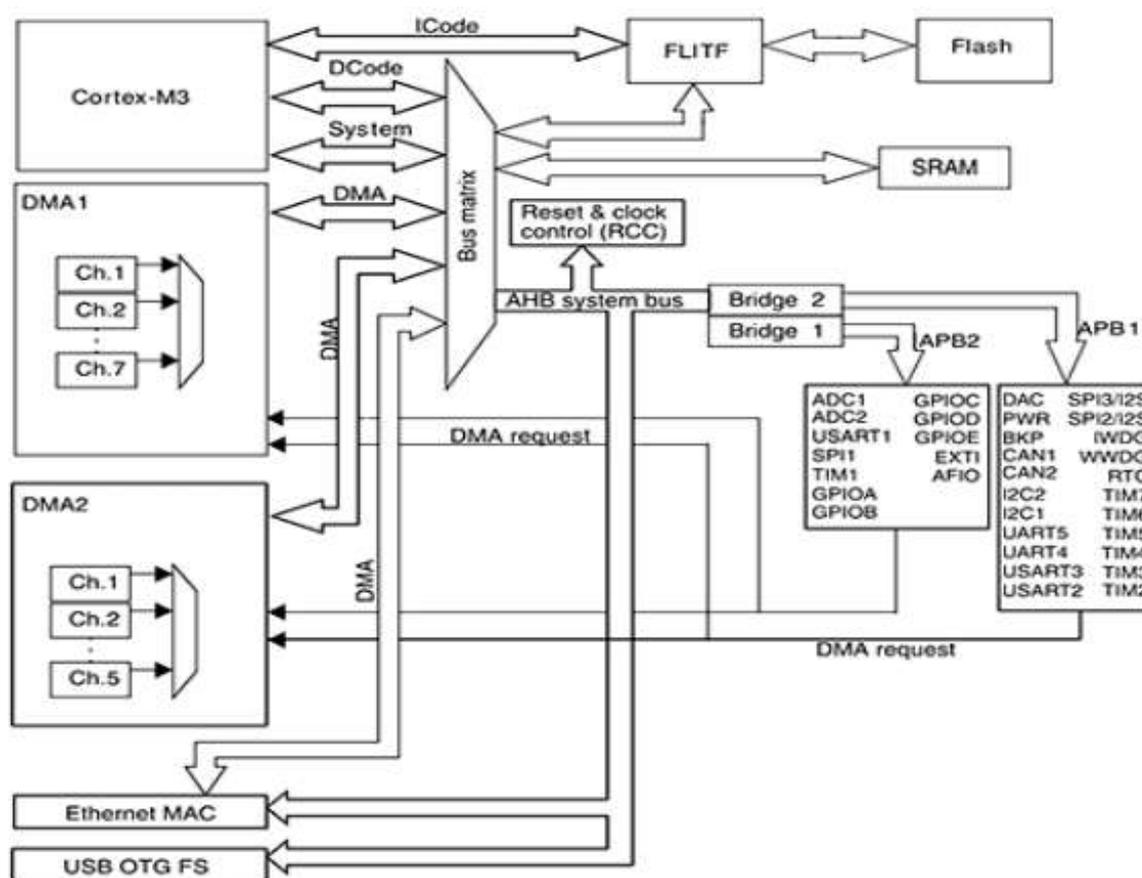


Рис.1. Схема микроконтроллера STM32 с ядром Cortex-M3

Планируется что разрабатываемый учебный стенд будет имеет следующую структуру, представленную на рисунке 2.

В качестве устройств индикации выступают светодиодные, семисегментные индикаторы и *LCD* дисплеи. Вместе с кнопками индикаторы подключаются к портам ввода вывода программируемым микроконтроллером. В свою очередь к соответствующим пинам подключается и сервопривод. В конструкции стенда встроены цифроаналоговый и аналого-цифровой преобразователь для работы с соответствующими типами сигналов. Связь с устройствами можно осуществлять, используя наиболее распространенные интерфейсы передачи данных: *I2C*, *SPI*, *UART*.

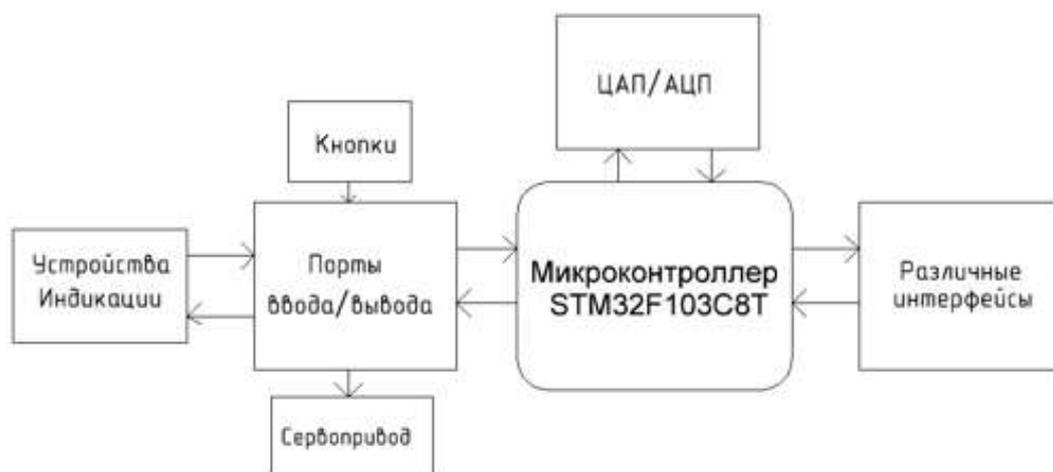


Рис. 2. Структурная схема учебного стенда

Вывод: используя данный учебный стенд студенты смогут получить практические знания, необходимые для работы с различными интерфейсами передачи данных, осуществить подключение различных периферийных устройств (индикаторы, кнопки, сервопривод), а также изучить принцип работы АЦП и ЦАП.

Источники

1. Максимов Н.В., Партыка Т.Л., Попов И.И. М17 Архитектура ЭВМ и вычислительных систем: учебник. М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2013. С.154–155.
2. Павлов А.В. Архитектура вычислительных систем. СПб: Университет ИТМО, 2016. С. 31–32.
3. Иоффе В.Г. И758 Архитектура, принципы функционирования и программные средства микроконтроллеров STM32: учебное пособие. Самара: Изд-во Самарского ун-та, 2021. С. 13–19.

АВТОМАТИЗАЦИЯ РЕГИСТРАЦИИ АКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ РАЗРЯДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ИЗОЛЯЦИИ

Матвеев Александр Сергеевич

Науч. рук. д-р физ.-мат наук, проф. Голенищев-Кутузов Александр Вадимович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
aleks232001@gmail.com

Современные методы контроля состояния изоляции достигли высокого уровня точности, однако не являются весьма эффективными. Причина этому – человеческий фактор, исключить который поможет автоматизация мониторинга состояния изоляции. В статье рассмотрен способ оптимизации контроля разрядных процессов в изоляции с помощью нейросети.

Ключевые слова: дефект, повреждение, изоляция, разрядный процесс, нейросеть.

AUTOMATION OF RECORDING ACOUSTIC SIGNALS OF DISCHARGE PROCESSES IN ISOLATION

Matveev Alexander S.

Scientific advisor Golenishchev-Kutuzov Aleksandr V.
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
aleks232001@gmail.com

Modern methods of insulation condition monitoring have achieved a high level of accuracy, but are not very effective. The reason for this is the human factor, which automation of insulation monitoring will help to eliminate. The article considers a way to optimize the control of discharge processes in isolation using a neural network.

Keywords: defect, damage, isolation, discharge process, neural network.

Электрические изоляторы – это диэлектрический элемент электроустановки, изготавливаемый из изоляционного материала. Предназначены они для отделения конструкций от токоведущих частей. Наиболее распространенные материалы изоляции – это керамика, стекло и полимер [1]. Электрические изоляторы вносят решающий вклад в обеспечение безопасности и надежности работы электроустановок.

Устройства, преобразующие электрический ток в ультразвуковые волны, называются ультразвуковые датчики. Принцип их действия похож на работу радара, они обнаруживают цель, ориентируясь на сигнал, отразившийся от препятствия. Скорость звука – величина постоянная. Зная её, датчиком вычисляется расстояние до объекта, которое равняется временному диапазону между выходом сигнала и его возвращением [2].

Ультразвуковые датчики обширно применяются в самых разных сферах производства, и, в некотором роде, являются универсальным средством решения многих задач автоматизации технологических процессов. Такие датчики применяются для определения удаленности и местонахождения различных объектов [3].

Автоматизация мониторинга состояния изоляции с помощью ультразвуковой диагностики является весьма перспективным направлением развития ультразвуковой диагностики, поскольку позволит снизить трудозатраты и риск человеческого фактора. Поэтому развитие данного направления является весьма перспективным направлением дефектоскопии.

Метод дистанционного контроля с использованием ультразвуковой дефектоскопии является наиболее быстрым, с точки зрения обнаружения дефекта, нежели другие, более распространенные способы. Кроме того, весомым плюсом ультразвуковой дефектоскопии является возможность автономной работы прибора, невосприимчивость к загрязнению датчиков, а также отсутствие необходимости использовать большую бригаду специалистов для пуско-наладочных работ.

В современный век развития технологий сбора, обработки данных, искусственного интеллекта и машинного обучения, для анализа и дальнейшего прогнозирования состояния изоляторов лучше всего подходит метод эхо-состояний (*ESN*) [4]. *ESN* представляет собой некий резервуар – большой, случайно соединённый скрытый слой, который помогает уловить динамику входных данных. Для увеличения скорости диагностики, предполагается создание базы данных с последующей возможностью доступа к ним другим нейросетям.

Источники

1. Какие бывают электрические изоляторы и для чего они предназначены? [Электронный ресурс]. <https://www.asutpp.ru/elektricheskie-izolyatory.html> (дата обращения: 28.02.24).

2. Кучерявый Е.А., Молчан С.А., Кондратьев В.В. Принципы построения сенсоров и сенсорных сетей // Электросвязь. 2006. №6. С.10–15.

3. Семашко Н.А., Шпорт В.И., Марьин Б.Н. Акустическая эмиссия в экспериментальном материаловедении: пособие для студентов технических вузов. М.: Машиностроение, 2002. 239 с.

4. Faludi, R. Building Wireless Sensor Networks. Sebastopol:O'Reilly Media, 2010. 320 p.

УДК 621.314

РАСЧЕТ ЧАСТОТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ СКОРОСТЬЮ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Павлов Александр Олегович

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. Калимуллин Рустем Ирекович

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

cfifgfdkjd2001@mail.ru

В статье описывается методика расчета преобразователя частоты для управления скоростью вращения асинхронного двигателя. Преобразователь изменяет частоту питающего напряжения, что позволяет регулировать скорость работы двигателя. При расчете преобразователя необходимо определить характеристики активного и индуктивного фазных сопротивлений двигателя на заданной частоте. Полученные данные используются для выбора оптимальных параметров преобразователя и его настройки.

Ключевые слова: преобразователь частоты, регулирование скорости, диодный выпрямитель.

CALCULATION OF A FREQUENCY CONVERTER FOR CONTROLLING THE SPEED OF AN ASYNCHRONOUS MOTOR

Pavlov Aleksandr O.

Scientific advisor Kalimullin Rustem I.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

cfifgfdkjd2001@mail.ru

The article describes a method for calculating a frequency converter for controlling the rotational speed of an asynchronous motor. The converter changes the frequency of the supply

voltage, which allows you to adjust the speed of the engine. When calculating the converter, it is necessary to determine the characteristics of the active and inductive phase resistances of the motor at a given frequency. The data obtained is used to select the optimal parameters of the converter and its settings

Keywords: frequency converter, speed control, diode rectifier

Сегодня частотное регулирование скорости вращения асинхронного электропривода широко применяется для плавного изменения оборотов ротора в различных диапазонах, включая как увеличение, так и уменьшение скорости [1]. Этот метод обеспечивает стабильную работу электропривода. В данной статье представлена схема преобразователя частоты для асинхронного двигателя (см. рисунок).

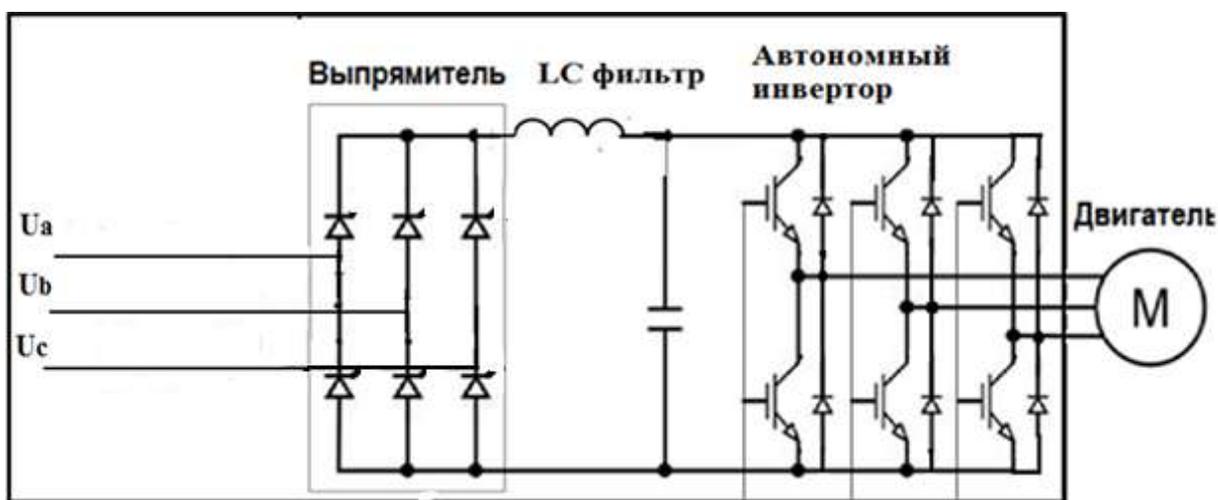


Схема силовой части преобразователя с асинхронным двигателем

В качестве преобразователя обычно используется автономный инвертор напряжения, построенный по мостовой схеме, подключенный к выходу сетевого выпрямителя. Он преобразует одно- или трехфазное сетевое напряжение в трехфазное напряжение. Для нагрузок мощностью менее одного киловатта можно использовать однофазную выпрямительную схему [2]. Сетевой выпрямитель в принципе может быть как неуправляемым, с использованием диодов (наиболее частое решение), так и управляемым, на основе тиристоров. *LC*-фильтры с Г- или П-образной конфигурацией используются для сглаживания пульсаций напряжения в цепи постоянного тока. В качестве силовых ключей инвертора в настоящее время применяют преимущественно транзисторы

IGBT, но при небольшой мощности электропривода возможно использование и МДП-транзисторов.

В последнее время для управления электроприводами средней и малой мощности стали использоваться интеллектуальные силовые модули. Они, помимо силовой части, имеют встроенные драйверы для управления мощными транзисторами и цепи защиты.

За один полупериод происходит три изменения схем подключения фаз. Ток одной фазы в течение полупериода представляет собой сумму трех экспоненциальных функций. Рекомендуется провести расчет для фазы A в соответствии со следующим выражением [3].

$$i_A = \frac{U_{d2}}{3R_{e2}} \left[1 - \frac{(1+a)(2-a)}{1+a^3} e^{-k\omega t} \right]. \quad (1)$$

$$\text{При } 0 \leq \omega t \leq \frac{\pi}{3} \quad i_A = 1,144 - 2,29e^{-47,8\omega t}; \quad (2)$$

$$\text{При } \frac{\pi}{3} \leq \omega t \leq \frac{2\pi}{3} \quad i_A = 2,29 - e^{-47,8\omega t}; \quad (3)$$

$$\text{При } \frac{2\pi}{3} \leq \omega t \leq \pi \quad i_A = 1,144 + e^{-47,8\omega t}. \quad (4)$$

Определяется параметр, характеризующий нагрузку инвертора:

$$k = \frac{R_{e2}}{X_{e2}} = \frac{23,47}{0,491} = 47,8. \quad (5)$$

Необходимо начинать отсчет времени с нуля на каждом интервале расчета и выполнять расчет в течение этого периода. Кривую мгновенных значений тока следует строить на одном графике с напряжением соответствующей фазы, учитывая угол нагрузки.

Результаты расчета преобразователя подтверждаются и уточняются имитационным моделированием схемы в какой-либо специализированной программной среде [4]. Для моделирования схем силовых преобразователей электроэнергии широко используют, в частности, *Simulink Matlab*.

Источники

1. Онищенко Г.Б., Аксенов М.И., Грехов В.П. и др. Автоматизированные электроприводы промышленных установок. Москва: РАСХИ, 2001. 520 с.
2. Усольцев А.А. Электрический привод: Учеб. пособие. Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2012. 238 с.
3. Ключев В.И. Теория электропривода: Учебник для вузов. Москва: Энергоатомиздат, 2001. 704 с.
4. Гельман М.В., Брылина О.Г. Исследование устройств силовой электроники с помощью имитационного моделирования // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2013. №3. С. 91–94.

УДК 685.1

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ АДРЕСНОЙ СВЕТОДИОДНОЙ ЛЕНТОЙ

Попов Герман Сергеевич

Науч. рук. канд. пед. наук, доц. Ахметвалеева Ляля Вахитовна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
puckinok@gmail.com

В статье рассматриваются функциональные возможности адресной светодиодной ленты, вопросы создания индивидуальных световых эффектов на базе 8-ми разрядного *RISC*-микроконтроллера, описаны функциональные особенности, микропроцессорного управления для адресных светодиодных лент.

Ключевые слова: микроконтроллер, светодиод, светодиодная лента, цифровой код, *RISC*-архитектура.

FEATURES OF DESIGNING MICROPROCESSOR DEVICES FOR CONTROLLING ADDRESSED LED STRIPS

Popov German S.

Scientific advisor Ahmetvaleeva Lyalya V.
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
puckinok@gmail.com

The article discusses the functionality of addressable LED strips, issues of creating individual lighting effects based on an 8-bit *RISC* microcontroller, and describes the functional features of microprocessor control for addressable LED strips.

Keywords: microprocessor devices, microcontroller, RISC architecture, LED strip, lighting effects, addressable LED, programming.

Выбор различных моделей светодиодных лент, предлагаемых ведущими производителями, в настоящее время очень широк. Гибкость в использовании, простота работы и возможность создавать уникальные световые эффекты делают эти ленты популярными среди дизайнеров [1,2]. Чтобы полностью раскрыть возможности режимов работы адресных светодиодных лент, требуется специальное устройство управления, позволяющее контролировать световую динамику светодиодных лент. В данной работе рассмотрены вопросы, подтверждающие необходимость устройства управления для адресных светодиодных лент, и его реализация на микропроцессорном устройстве. Управлять адресной светодиодной лентой можно с различных устройств, включая смартфоны, планшеты, компьютеры и даже голосовые помощники. Такой функционал обеспечивает возможность гибкого выбора места и времени использования световых эффектов, а также удалённого управления ими. Актуальным для этих целей представляется применение микроконтроллеров [3-5].

К особенностям применения адресных светодиодных лент относится возможность создания индивидуальных световых сценариев. Устройство управления позволяет программировать различные режимы свечения, а также определять время их активации и деактивации. Это даёт возможность создавать разнообразные световые эффекты, включая имитацию рассвета или заката, мерцание или плавное изменение яркости света. Для расширения возможностей адресной светодиодной ленты можно добавлять дополнительные модули, например, датчики движения или освещенности, что позволит создавать микропроцессорные системы управления освещением, реагирующие на изменения внешних условий [6].

В нашей работе особенности проектирования и программирования управляющего блока реализованы на 8-ми разрядном AVR-контроллере *Atmega328*. Конкретные технические параметры устройства зависят от требований и реализации проекта. В общем случае, в состав такого устройства входит сам микроконтроллер *Atmega328* [6,7], схема питания и схема управления адресной светодиодной лентой. В качестве примера, можно использовать адресную светодиодную ленту *ws2812b*, которая будет подключена к макетной плате *Arduino nano*. В составе каждого светодиода *ws2812b* присутствует один входной контакт, именуемый *DIN* и один выходной – *DO*. Самым первым входной сигнал получает первый светодиод, это запускает всю цепь, далее в последовательном порядке

данные входного сигнала переходят от первого ко второму, от второго к третьему и т.д. Команды управления, передаваемые светодиодам, составляют 24 бита памяти. Это составляет 3 байта. Каждый байт занимает один цвет: сначала байт получает зеленый цвет, затем красный, и цепочка заканчивается получением байта синим цветом. Порядок бит – от старшего к младшему с учетом пауз. Каждый бит затрачивает фиксированное время, величиной 1,25 мкс. Первый бит кодируется импульсом в 0,8 мкс, далее идет временная задержка длительностью 0,45 мкс. Бит 0 кодируется импульсом в 0,4 мкс, после чего идет пауза в 0,85 мкс. Также допускаются небольшие погрешности в 0-150 нс на каждый фронт [8].

Следует учесть, что подобное повторяется для каждого светодиода на ленте, после чего следует сделать паузу минимум в 100 мкс. Затем передача повторяется. Управление устройством осуществляется при помощи кнопок. Для стабильной работы устройства рекомендуется использовать блок питания с выходным напряжением 5 В. Для экономии электроэнергии можно программировать адресные светодиодные ленты таким образом, чтобы они активизировались только тогда, когда это необходимо [9].

Устройство управления светодиодной лентой на базе микроконтроллера имеет важное значение для создания уникальных световых эффектов, обеспечения гибкости и удобства управления, расширения возможностей ленты и экономии электроэнергии. Выбор конкретного устройства управления зависит от индивидуальных потребностей, бюджета и предпочтений пользователя.

Источники

1. Гусев Ю.М., Гусев В.Г. Электроника и микропроцессорная техника (для бакалавров). М.: КноРус, 2018. 1247 с.

2. Шириев Р.Р., Борисов А.Н., Валеев А.А. Об обеспечении теплового режима светодиодного источника света // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24. № 3. С. 112–120.

3. Источники питания для светодиодных лент и мощных светодиодов. Справочник Alright catalog IP 2011 [Электронный ресурс]. www.alright.ru (дата обращения: 20.02.24).

4. Астапенко Э.С., Деренок А.Н. Полупроводниковые приборы и их применение: Учебное пособие. Томск.: Лань, 2021. 58 с.

5. Байнева И.И. Расчет и конструирование световых приборов со светодиодами: Учебное пособие. Саранск: Лань, 2019. 120 с

6. Ахметвалеева Л.В., Вардумян Х.С., Галимов Г.З., Сафин И.И. Разработка отладочного комплекса для проектирования систем управления на микроконтроллере // Информационные технологии в электротехнике и электроэнергетике: материалы 11-й Всерос. научн.-техн. конф. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2018. С. 460–462.

7. Блум Дж. Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства. СПб.: БХВ – Петербург, 2021. 544 с.

8. Ахметвалеева Л.В., Мозес А.Т., Акинола А.О.С. Устройство обнаружения объектов на RISC-контроллере // Информационные технологии в электротехнике и электроэнергетике: материалы 11-й Всерос. научн.-техн. конф. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2018. С. 462–463.

9. Тукшаитов Р.Х., Константинов А.Н., Шириев Р.Р., Маркин Ю.С., Айхайти И. Светильник светодиодный промышленный. Патент на полезную модель RU 127170 U1. Рег. 20.04.2013.

УДК 621.38

РАЗРАБОТКА АВТОНОМНОГО ПЕРЕНОСНОГО ХОЛОДИЛЬНИКА С ФУНКЦИЕЙ ОТВОДА ТЕПЛОТЫ

Рахмонов Фарход Юлдош угли

Науч. рук. асс. Николаев Кирилл Валерьевич

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

rahmonovfarhod2004@gmail.com

В данной статье дана информация об автономном переносном холодильнике с функцией отвода теплоты. Описаны ключевые этапы его разработки, а также преимущества предлагаемого решения. Приведен перечень необходимых структурных элементов для сборки.

Ключевые слова: автономный холодильник, элементы Пельтье, термо-сумка, термоэлектрический, теплоёмкость, вытяжной вентилятор, медные пластины, габаритные.

DEVELOPMENT OF AN AUTONOMOUS PORTABLE REFRIGERATOR WITH HEAT REMOVATION FUNCTION

Rahmonov Farkhod Yu.

Scientific advisor Nikolaev Kirill V.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

rahmonovfarhod2004@gmail.com

This article provides information about an autonomous portable refrigerator with a heat removal function. The key stages of its development are described, as well as the advantages of the proposed solution. A list of necessary structural elements for assembly is provided.

Keywords: autonomous refrigerator, Peltier elements, thermo-bag, thermoelectric, heat capacity, exhaust fan, copper plates, dimensional.

В современном мире люди часто сталкиваются с проблемой длительного хранения продуктов при низкой температуре для поддержания их свежести и долгосрочности.

На данный момент времени существует множество моделей переносных холодильников, и, в основном, они подразделяются на 2 категории: переносные холодильники с аккумуляторами холода и переносные авто-холодильники.

Холодильники с аккумуляторами холода [1] – это такие устройства, в которые установлены специальные герметичные контейнеры, заполненные специальным веществом с большой теплоёмкостью. При этом такие контейнеры выполняют функцию поддержания холода, а вырабатывать холод они не могут. В этом и есть их основной недостаток.

Переносные авто-холодильники [2] являются габаритными и тяжёлыми устройствами, которые, в основном, подключают к сети питания в автомобиле. То есть функция автономности в них отсутствует и без источника питания они не смогут вырабатывать холод для поддержания свежести продуктов. Ещё одним недостатком является их высокая стоимость.

Разрабатываемый переносной холодильник является новым видом устройств, который включает в себя все достоинства существующих моделей и исключает все их недостатки. За основу переносного холодильника берётся термо-сумка из-за её эффективной способности поддержания температуры. Функцию вырабатывания холода выполняет элемент Пельтье [3] – термоэлектрический преобразователь, принцип действия которого основан на эффекте Пельтье [4] – возникновении разности температур при протекании электрического тока. Несколько этих устройств будут установлены внутри термо-сумки (рис. 1-3).

После отключения устройства от источника питания происходит отвод теплоты с одной из его сторон, и во избежания потери холода в переносном холодильнике предусматриваются 2 вида конструкций для отвода теплоты наружу: активный отвод (при помощи вытяжного

вентилятора), пассивный отвод (при помощи конструкции из медных пластин).

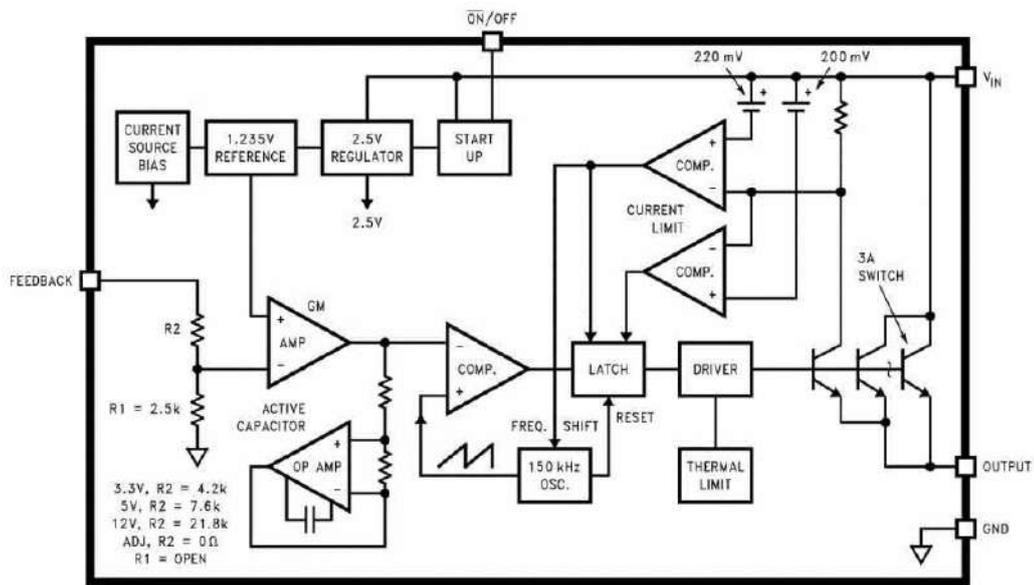


Рис.1. Схема импульсного преобразователя напряжения LM2596 для измерения тепловой мощности элемента Пельтье [5]

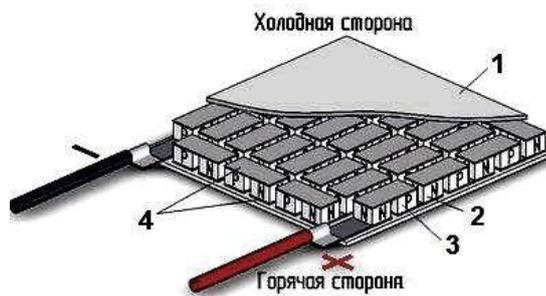


Рис. 2. Элемент Пельтье: 1 – изолятор керамический, 2 – проводник *n* - типа, 3 – проводник *p* - типа, 4 – проводник медный



Рис. 3. Концепция устройства (необходимые элементы для разработки)

Источники

1. Аккумуляторы холода? Это удобно - разбираемся подробнее [Электронный ресурс]. <https://fonarik-market.ru/blog/akkumulyatory-kholoda-eto-udobno---razbiraemsgya-podrobnee/> (дата обращения: 09.03.24).
2. Портативные автомобильные холодильники [Электронный ресурс]. <https://hyperauto.ru/articles/poleznaya-informaciya/avtoholodilniki-ohlazhdaemsgya-ot-12-volt/> (дата обращения: 09.03.24).
3. Обзор элемента Пельтье [Электронный ресурс]. <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-moduli/element-pelte/> (дата обращения: 09.03.24).
4. Эффект Пельтье [Электронный ресурс]. <https://old.bigenc.ru/physics/text/2709837> (дата обращения: 09.03.24).
5. LM2596: Характеристики, виды и схемы [Электронный ресурс]. <https://www.ruselectronic.com/lm2596/> (дата обращения: 09.03.24).

УДК 621.382

ПРИНЦИП СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ПУТЁМ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОРА СОБЫТИЙ AVR МИКРОКОНТРОЛЛЕРА СЕМЕЙСТВА MEGA

Романов Антон Сергеевич¹, Шакиров Ильяс Илнурович²

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Синицин Алексей Михайлович

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹ya.rom1502091096@mail.ru, ²shakirov230402@gmail.com

В статье предложен один из способов создания системы реального времени на основе AVR микроконтроллера семейства *Mega* путём программирования его процессора событий на языке ассемблер в среде разработки *AVR Studio 4*, где в качестве микроконтроллера данного семейства был взят микроконтроллер *Atmega128*.

Ключевые слова: система реального времени, процессор событий, микроконтроллер, среда разработки.

THE PRINCIPLE OF CREATING A REAL-TIME SYSTEM BY PROGRAMMING THE AVR EVENT PROCESSOR OF THE MEGA FAMILY MICROCONTROLLER

Romanov Anton S.¹, Shakirov Ilyas I.²

Scientific advisor Sinicin Aleksej M.

^{1,2}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹ya.rom1502091096@mail.ru, ²shakirov230402@gmail.com

The article suggests one of the ways to create a real-time system based on the AVR microcontroller of the Mega family by programming its event processor in assembly language in the AVR Studio 4 development environment, where the ATmega128 microcontroller was taken as the microcontroller of this family.

Keywords: real-time system, event processor, microcontroller, development environment.

Системы реального времени (СРВ) на микроконтроллерах (МК) являются одной из наиболее актуальных областей современной науки в области программирования и электроники, поскольку имеют широкое применение в военной и космической областях (радары, системы навигации ракет и спутников), различных областях промышленности (от телекоммуникаций до систем автоматического управления производством), различных цифровых приборах широкого потребления (мобильные смартфоны, цифровое телевидение и т.д.) [1].

Применение систем реального времени обусловлено тем, что СРВ обрабатывает и генерирует сигналы строго в определённых временных рамках (в случае жёсткого реального времени), либо с допустимым отклонением (в случае мягкого реального времени) [2].

Для реализации системы реального времени на микроконтроллере, к нему предъявляются определённые требования: высокий уровень вычислительной мощности, низкие временные задержки и быстрый отклик, достаточный объём оперативной памяти, наличие поддержки периферийных устройств, наличие встроенных таймеров, низкое энергопотребление [3]. Если микроконтроллер не соответствует хотя бы одному из перечисленных требований, то создание СРВ на данном микроконтроллере не представляется возможным.

AVR микроконтроллеры представляют собой широкий список микроконтроллеров, которые соответствуют требованиям к реализации систем реального времени. Самыми распространёнными из них являются

микроконтроллеры семейства *Mega*, которые отличаются повышенной производительностью в совокупности с низким энергопотреблением, а потому имеют широкий спектр применения.

В качестве AVR микроконтроллера семейства *Mega* был использован МК *ATmega128*. Процессор событий микроконтроллера *ATmega128* представляет собой программно-аппаратное решение, разработанное для обработки событий в системах реального времени [4].

Внутренняя архитектура процессора событий данного микроконтроллера включает в себя специальные регистры, предназначенные для настройки и контроля обработки событий, и прерывания, которые позволяют системе немедленно реагировать на внешние события [5]. Процесс программирования процессора событий на микроконтроллере *ATmega128* является важной задачей в области встраиваемых систем. В данном процессе создаётся программа, которая эффективно управляет событиями и реагирует на них, обеспечивая надёжную и точную работу микроконтроллера.

Принцип создания СРВ на языке ассемблер в среде разработки AVR *Studio 4* на МК *ATmega128* заключается в пяти основных этапах:

1) Настройка среды разработки, которая включает в себя выбор и установку интегрированной среды разработки (IDE) и необходимых драйверов для поддержки МК.

2) Создание нового проекта в *AVR Studio 4* и выбор *ATmega128* в качестве целевого устройства.

3) Написание программного кода на языке программирования ассемблер. Данный этап включает инициализацию микроконтроллера, настройки портов ввода/вывода, инициализируя регистр *temp* значением 0b00000001 и 0b00000000 на вывод и ввод соответственно.

4) Создание главного цикла программы, который постоянно проверяет наличие событий и вызывает соответствующие функции-обработчики.

5) Тестирование программы и отладку в случае, если в коде программы допущены ошибки. В среде разработки *AVR Studio 4* запуск тестирования кода выполняется нажатием на кнопку *Build and Run*.

Источники

1. Голубев А.С. Системы реального времени: конспект лекций. Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2010. С. 3–8.

2. Операционная система реального времени [Электронный ресурс]. https://ru.wikipedia.org/wiki/Операционная_система_реального_времени (дата обращения: 01.04.2024).

3. Jane W.S.L. Real Time Systems [Электронный ресурс]. <https://dokumen.tips/documents/jane-w-s-liu-real-time-systems.html?page=1> (дата обращения: 31.03.2024).

4. Таймеры и процессоры событий [Электронный ресурс]. <https://pue8.ru/protssory/692-tajmery-i-protssory-sobytij.html> (дата обращения: 01.04.2024).

5. Евстифеев А.В., Микроконтроллеры AVR семейств Mega. Руководство пользователя. М.: ДКМ Пресс, 2015. 291 с.

УДК 621.382

ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СЕМИСЕГМЕНТНЫМ ИНДИКАТОРОМ TM1637 ЧЕРЕЗ МИКРОКОНТРОЛЛЕР STM32F103C8T6

Саидгараева Ралина Рамилевна

Науч. рук. канд. пед. наук, доц. Ахметвалеева Ляля Вахитовна

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

ralina.yung@bk.ru

В статье представлена блок-схема управляющей программы и краткое описание кода. В качестве интегрированной среды разработки (*IDE*) использовалась *STM32CubeIDE*, которая включает в себя средства для написания кода, отладки и настройки микроконтроллеров *STM32*: библиотеки, симулятор, отладчик и множество других инструментов. Это бесплатная среда, предоставляемая *ST Microelectronics*, предназначенная для создания приложений на базе микроконтроллеров *STM32*.

Ключевые слова: микроконтроллер, программа, функции.

SOFTWARE CONTROL OF THE TM1637 SEVEN-SEGMENT INDICATOR VIA THE STM32F103C8T6 MICROCONTROLLER

Saidgaraeva Ralina Ramilevna

Scientific advisor Ahmetvaleeva Lyalya V.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

ralina.yung@bk.ru

The article presents a block diagram of the control program and a brief description of the code. *STM32CubeIDE* was used as an integrated development environment (*IDE*), which includes tools for writing code, debugging and configuring *STM32* microcontrollers: libraries,

a simulator, a debugger and many other tools. This is a free environment provided by ST Microelectronics designed for creating applications based on STM32 microcontrollers.

Keywords: microcontroller, program, functions.

TM1637 упрощает процесс управления семисегментным дисплеем и позволяет существенно сократить количество необходимых пинов на микроконтроллере. После подключения дисплея к микроконтроллеру и написания кода можно увидеть следующее: цифровой индикатор сразу же начинает отсчет времени при подключении отладочной платы *Blue Pill (STM32F103C8T6)* к ПК через программатор *ST-Link V2* или через *micro USB*. Для сброса отсчета времени необходимо нажать на плате кнопку *RESET*. Код программы реализует отображение текущего времени на 7-сегментном дисплее. Код представляет собой программу для управления часами на базе *RTC* модуля и дисплея *TM1637* (см. рисунок) [1,2].



Блок-схема программы

Для этого используются функции библиотеки *tm1637.h*, содержащей необходимые команды для управления дисплеем через интерфейс *I²C*. В функции *main* происходит инициализация системы, настройка тактовой частоты, инициализация *GPIO* и *RTC* модуля. Затем запускается бесконечный цикл, в котором происходит получение текущего времени с помощью функции *HAL_RTC_GetTime*, формирование массива *TimeDisp* для отображения времени на дисплее и отображение времени на дисплее с помощью функции *display_mass*. Функция *SystemClock_Config* настраивает тактовую частоту микроконтроллера, функция *MX_RTC_Init* настраивает *RTC* модуль, а функция *MX_GPIO_Init* настраивает *GPIO* порты для управления дисплеем. Функция *Error_Handler* вызывается в случае возникновения ошибки и прерывает работу программы. Функция *assert_failed* вызывается в случае возникновения ошибки в режиме отладки.

Источники

1. Саидгараева Р.Р. Обзор возможностей микроконтроллера STM32F103C8T6 и дисплея TM1637 // Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники: Материалы V Всероссийской научно-практической (с международным участием) конференции, посвященной празднованию 55-летия КГЭУ. 2023. С. 434–437.

2. Саидгараева Р.Р. Обзор особенностей контроллера TM1637 при его подключении к 32-х разрядным микроконтроллерам // XXVII Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный дню энергетика. Том 1. 2024. С. 237–240.

УДК 621.382

ПРИМЕНЕНИЕ ШИМ-КОНТРОЛЛЕРА В АВТОМОБИЛЬНОМ УСИЛИТЕЛЕ ЗВУКА

Сафуанов Альвин Эльвирович

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. Калимуллин Рустем Ирекович

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

alvin.s@yandex.ru

В статье рассмотрены особенности использования ШИМ-контроллеров для усиления автозвука и их преимущества перед другими методами усиления. Проанализирована схема работы и сделаны выводы о необходимости применения данной микросхемы в автомобильных усилителях звука

Ключевые слова: усилитель, импульс, ШИМ-контроллер, автомобильный звук, TL494CN.

THE USE OF A PWM CONTROLLER IN AN AUTOMOBILE SOUND AMPLIFIER

Safuanov Alvin E.

Scientific advisor Kalimullin Rustem I.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan, Russia

alvin.s@yandex.ru

The article discusses the features of using PWM controllers to enhance car audio and their advantages over other amplification methods. The scheme of operation is analyzed and conclusions are drawn about the need to use this chip in automotive sound amplifiers.

Keywords: amplifier, pulse, PWM controller, car sound, TL494CN.

В современном мире, где технологии развиваются с каждым днем, автомобильный звук не является исключением [1]. Одним из наиболее распространенных способов усиления звука в автомобиле является использование усилителей, и применение ШИМ-контроллеров в этих усилителях становится все более актуальным.

ШИМ-контроллер (широотно-импульсная модуляция) – это устройство, которое позволяет регулировать мощность сигнала путем изменения длительности импульсов, сохраняя при этом их частоту [2]. Это дает возможность управлять громкостью звука без потери качества.

Преимущества использования ШИМ-контроллеров:

1) высокая точность регулировки громкости: благодаря тому, что ШИМ-контроллер изменяет длительность импульсов, громкость звука может быть отрегулирована с высокой точностью, что обеспечивает более качественное звучание [3];

2) отсутствие искажений: ШИМ-контроллеры позволяют избежать искажений звука, которые могут возникать при использовании других методов усиления, таких как усиление на основе трансформаторов.

На рисунке *DD1* – ШИМ-контроллер *TL494CN*.

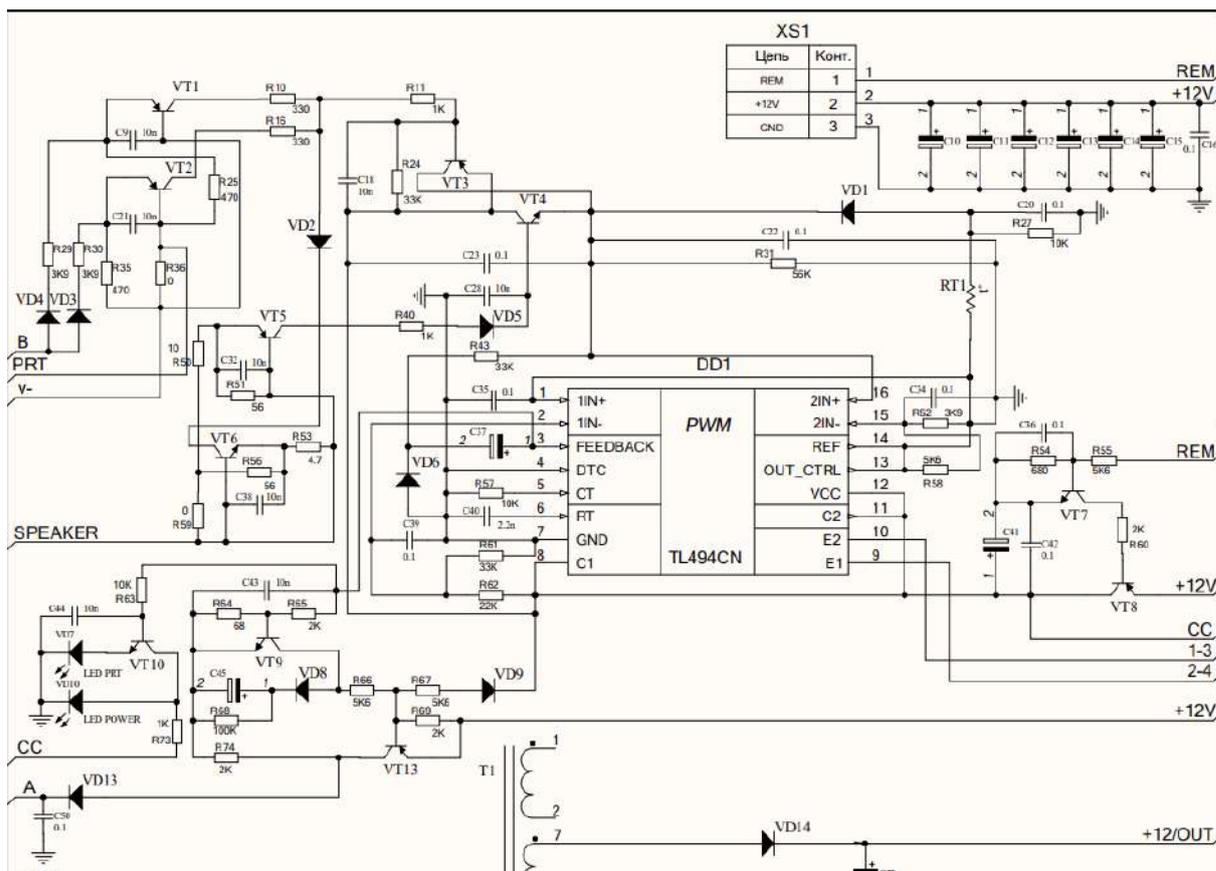


Схема подключения ШИМ-контроллера *TL494CN*

Важной функцией данного контроллера является работа с обратной связью от динамика сабвуфера, позволяющая четко корректировать режим работы, чтобы не допустить перенапряжения или, наоборот, его падения в цепи звуковой аппаратуры [4].

На схеме *SPEAKER* – сигнал с динамика сабвуфера. Он подается через цепь транзисторов, диодов и резисторов, реализующих схему согласования сигнала нагрузки и контроллера, которая не допускает высокое напряжение с динамика напрямую на цифровую микросхему.

Сигнал *PRT* – защитный сигнал, который снимается с датчиков тока, находящихся в схеме. Он также поступает на один из управляющих входов ШИМ-контроллера для осуществления корректировки работы схемы.

Сигнал *B* – сигнал обратной связи с выхода трансформаторной части инвертора напряжения.

Одной из особенностей данной схемы является применение светодиодов *LED PRT* и *LED POWER*, первый из которых является индикацией срабатывания механизма защиты, а второй – индикацией подачи питания. Каждая из описанных выше функций требует применения пассивных и активных компонентов для реализации своей работы. Без

этого не будет согласования по уровню напряжения или тока. Светодиоды управляются через транзисторы, а питающее напряжение подводится с коллекторного узла ключевой схемы. Так же, благодаря диодам, можно четко проследить путь сигнала в схеме и понять какие из них являются входными, а какие выходными.

В верхнем правом углу схемы отображена колодка XS1, которая отвечает за подведение напряжения с батареи, за подключение сигнала с автомагнитолы и за создание нулевого потенциала в цепи. На вход было поставлено 6 конденсаторов большой емкости для полного исключения переменной составляющей в цепи питания схемы и для корректной работы при изменениях напряжения питания аккумулятора. Питание микросхемы осуществляется через $VDD +12V$.

Таким образом, применение данной микросхемы значительно упрощает работу усилителя автомобильного звука и сокращает количество дополнительных компонентов, что уменьшает габариты платы.

Источники

1. Куприков М.Ю. Авиационная акустика // Большая российская энциклопедия. В 35 томах. Т. 1. Москва: Большая Российская энциклопедия, 2014. С. 8.

2. Шихатов А.И. Концертный зал на колесах. Москва: ДМК Пресс, 2010. 504 с.

3. Алдошина И.А., Приттс Р. Музыкальная акустика: Учебник для высших учебных заведений. Санкт-Петербург: Композитор – Санкт-Петербург, 2006. 720 с.

4. Ментюков А.П., Устинов А.А., Чельдиев С.А. Музыка, электроника, интонирование. Новосибирск: Новосибирская государственная консерватория им. М.И. Глинки, 1994. 314 с.

ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД НА ОСНОВЕ ПЛК

Тупицин Константин Сергеевич

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Ярославский Данил Александрович

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

k_tupicin2993@bk.ru

В данной статье автор рассматривает сущность и значение частотно-регулируемого электропривода на основе ПЛК. Рассматриваются основные компоненты и преимущества. Изучаются перспективы использования частотно-регулируемого электропривода на основе ПЛК.

Ключевые слова: электропривод, современные технологии, автоматизированное производство, модернизация, адаптивность.

FREQUENCY-CONTROLLED ELECTRIC DRIVE BASED ON PLC

Tupitsyn Konstantin S.

Scientific advisor Yaroslavsky Danil A.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

k_tupicin2993@bk.ru

In this article, the author examines the essence and significance of a frequency-controlled electric drive based on a PLC. The main components and advantages are considered. The prospects of using a frequency-controlled electric drive based on a PLC are being studied.

Keywords: electric drive, modern technologies, automated production, modernization, adaptability.

Частотно-регулируемый электропривод на основе ПЛК (программируемого логического контроллера) представляет собой инновационную систему, переносящую современные технологии на новый уровень эффективности и функциональности.

Основными компонентами такого электропривода являются сам ПЛК, инвертор с частотным преобразователем, а также мотор или двигатель, на который электропривод будет установлен. Этот комплексный подход позволяет управлять потреблением энергии,

регулировать скорость вращения, обеспечивать точность и плавность движения в соответствии с заданными параметрами.

Частотно-регулируемые электроприводы на основе ПЛК находят применение во множестве отраслей промышленности, включая автоматизированные производства, технологический контроль, а также в системах управления и охраны окружающей среды. Благодаря своей универсальности, они способны обеспечить эффективное и экономичное функционирование в любом процессе, требующем точной и гибкой работы электропривода [1].

Преимущества частотно-регулируемых электроприводов на основе ПЛК являются очевидными. Во-первых, они обеспечивают существенное снижение энергопотребления по сравнению с традиционными системами управления. Это позволяет не только сэкономить деньги на электроэнергии, но и смягчить нагрузку на природные ресурсы. Во-вторых, такие электроприводы обладают высокой степенью гибкости и адаптивности, что позволяет легко изменять параметры работы в зависимости от требований процесса. В-третьих, благодаря простоте настройки и программирования ПЛК, управление электроприводом становится более удобным и эффективным.

Модернизация оборудования с использованием частотно-регулируемых электроприводов на основе ПЛК – это шаг в будущее. Увеличение производительности, снижение затрат энергии, повышение надежности и снижение технического обслуживания – вот лишь некоторые из многочисленных преимуществ, которые можно достичь с помощью таких инновационных систем. Будущее уже здесь, и частотно-регулируемые электроприводы на основе ПЛК являются ключом к его успешному осуществлению [2].

В современном мире автоматизация промышленных процессов играет ключевую роль в обеспечении эффективности и производительности производственных предприятий. Одной из важных составляющих автоматизации является использование частотно-регулируемых электроприводов на основе программируемых логических контроллеров (ПЛК).

Частотно-регулируемые электроприводы позволяют регулировать скорость вращения электродвигателя и изменять уровень мощности, что делает их незаменимыми в процессах, требующих точного контроля скорости и передачи мощности. Такой подход позволяет экономить электроэнергию, снижать износ оборудования, а также улучшать качество и точность выпускаемой продукции.

Основой работы частотно-регулируемого электропривода является программируемый логический контроллер, который обрабатывает информацию от датчиков и передает команды на изменение параметров работы привода. ПЛК может быть запрограммирован и настроен для выполнения различных задач, что делает его универсальным инструментом в автоматизации.

Одним из основных преимуществ использования ПЛК в частотно-регулируемых электроприводах является огромное количество возможностей для настройки и оптимизации работы. Благодаря гибкости программного обеспечения ПЛК можно адаптировать под конкретные требования производства, что позволяет достичь оптимальных результатов и снизить затраты на энергию и обслуживание.

Перспективы использования частотно-регулируемых электроприводов на основе ПЛК весьма обширны. Этот подход применяется во многих отраслях промышленности, начиная от пищевой промышленности и машиностроения и заканчивая нефтегазовой и энергетической сферами. Стремление к повышению эффективности, снижению затрат и улучшению качества продукции позволяет сделать вывод о том, что в будущем использование частотно-регулируемых электроприводов на основе ПЛК будет только усиливаться [3].

Таким образом, использование частотно-регулируемых электроприводов на основе ПЛК является эффективным решением для автоматизации промышленных процессов. Этот подход позволяет не только достичь оптимальных результатов в производстве, но и сделать значительный вклад в экономическое развитие компаний, использующих эту технологию.

Источники

1. Стадник Н.И., Ильюшенко В.Г., Егоров С.И. и др. Справочник по автоматизации шахтного конвейерного транспорта. К.: Техника, 1992. 438 с.
2. Кузин С.Ю. Применение регулируемого электропривода // Электро. 2019. №6. С. 49–52.
3. Иванова В.Р., Киселев И.Н. Частотно-регулируемый электропривод для энергосбережения и оптимизации технологических процессов в электротехнических комплексах // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2019. Т. 21(5). С. 59–70.

РАЗРАБОТКА ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ DC-DC ДЛЯ СОЛНЕЧНОГО БЕСЩЕТОЧНОГО ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Фуонг Чау Тхань

Экономический университет – Технологии для промышленности, Ханой, Вьетнам
ctphuong@uneti.edu.vn

В этой статье производительность бесщеточного двигателя постоянного тока оценивается путем рассмотрения двух различных приложений, которые очень практичны для систем реального времени, таких как системы электромобилей и ирригационные системы. Производительность бесщеточного двигателя постоянного тока оценивалась в условиях фиксированной и переменной скорости с использованием инструмента *Matlab/Simulink*, результаты представлены.

Ключевые слова: бесщеточный двигатель, возобновляемый источник энергии, преобразователь постоянного тока, солнечная энергия.

DEVELOPMENT OF DC-DC CONVERTER FOR SOLAR BRUSHLESS DC MOTOR FOR REAL-TIME APPLICATION

Phuong Chau T.

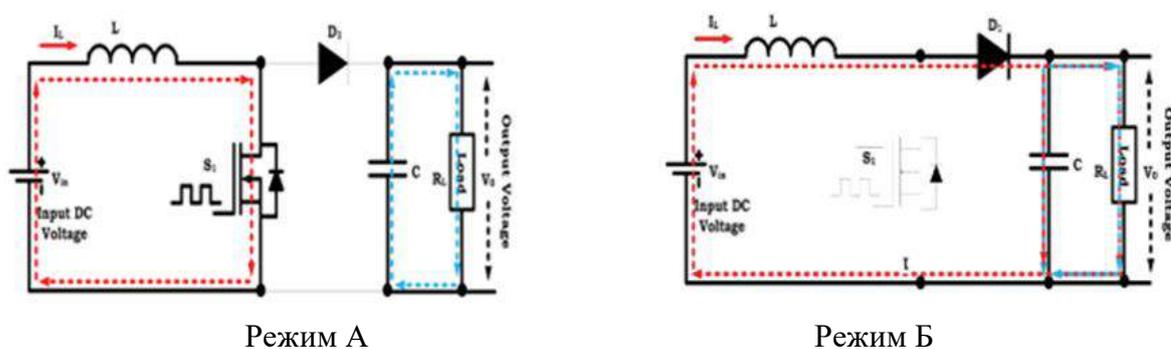
University of Economics – Technology for Industries, Hanoi, Vietnam
ctphuong@uneti.edu.vn

In this paper, the performance of a brushless DC motor is evaluated by considering two different applications that are very practical for real-time systems such as electric vehicle systems and irrigation systems. The performance of the brushless DC motor was evaluated under fixed and variable speed conditions using Matlab/Simulink tool and the results are presented.

Keywords: brushless motor, renewable energy source, DC-DC converter, solar energy.

В настоящее время классические коллекторные двигатели постоянного тока и асинхронные двигатели заменяются бесщеточными двигателями постоянного тока из-за их высокой долговечности, отсутствия потерь на переключение, отсутствия искр на щетках, простой конструкции, высокого КПД, высокого удельного веса, низкого уровня шума и т.д. Поэтому

некоторые производители используют контроллеры бесщеточных двигателей постоянного тока, питаемые от инверторов источника напряжения с различной скоростью и крутящим моментом для достижения максимальной производительности [1-4]. Точное определение скорости, фазного тока и информации о положении ротора является необходимым условием для достижения желаемой скорости, требующей более высоких функций управления схемой, размером и стоимостью [5]. Производительность бесщеточного двигателя постоянного тока оценивается путем рассмотрения двух различных приложений, которые очень практичны для систем реального времени, таких как системы электромобилей и системы орошения на основе водяных насосов, с использованием возобновляемого источника энергии и оцениваются в условиях фиксированной и переменной скорости с использованием Инструмент *Matlab/Simulink*, представлены результаты (см. рисунок).



Рабочий режим обычного повышающего преобразователя постоянного тока в постоянный

Анализ устойчивого состояния обычного преобразователя постоянного тока показан на основе состояний ВКЛ и ВЫКЛ переключателя S_1 . Обычно преобразователь работает в режиме непрерывной проводимости. Когда переключатель S_1 находится в положении ВКЛ, это заставляет входное напряжение постоянного тока (V_{in}) поступать на индуктор, что влияет на изменение тока, когда (I_L) течет к индуктору в течение определенного периода времени (kT), описываемого:

$$\frac{\Delta I_L}{\Delta kT} = \frac{V_{in}}{L} \quad (1)$$

В конце режима А ток дросселя медленно увеличивается.

$$\Delta I_{L-ON} = \frac{1}{L} \int_0^{kT} V_{in} dt = \frac{kT}{L} V_{in} \quad (2)$$

Здесь k представляет коэффициент заполнения переключателя, он описывает время переключения T во время переключения S_1 в положение ON , оно варьируется от 0 до 1.

В режиме Б переключатель S_1 в положении OFF , поэтому ток в дросселе медленно течет в сторону нагрузки. Если на конденсаторе и диоде нулевое падение напряжения состоит из больших значений для поддержания постоянного напряжения, это описывается как:

$$V_o - V_{in} = L \frac{dI_L}{dt} \quad (3)$$

Хотя варианты I_L в состоянии ВЫКЛ:

$$\Delta I_{L-OFF} = \int_{kT}^T \frac{(V_{in} - V_o) dt}{L} = \frac{(V_{in} - V_o)(1 - k)T}{L} \quad (4)$$

Поскольку мы описываем, что преобразователь работает в установившемся режиме, энергия, запасенная в каждом компоненте, одинакова в начале и в конце цикла переключения. Он указывает, что общие изменения тока должны быть равны нулю;

$$\Delta I_{L-ON} + \Delta I_{L-OFF} = 0 \quad (5)$$

Замена ΔI_{L-ON} и ΔI_{L-OFF} их последовательностями достигает

$$\Delta I_{L-ON} + \Delta I_{L-OFF} = \frac{kT}{L} V_{in} + \frac{(V_{in} - V_o)(1 - k)T}{L} = 0 \quad (6)$$

Вышеприведенное уравнение (6) можно записать как

$$V_o = V_{in} \frac{1}{1 - k} \quad (7)$$

На основе анализа установившегося состояния обычного повышающего преобразователя постоянного тока в режиме непрерывной проводимости приростной коэффициент усиления описан в уравнении (7). Где V_{in} – входное напряжение постоянного тока, V_o – выходное напряжение звена постоянного тока, k представляет рабочий цикл (обычно k равен 0,5)

для достижения высокого распределения усиления и потерь по напряжению, равного переключению в рабочих режимах.

Производительность контроллера двигателя бесщеточного двигателя постоянного тока, питаемого от обычного повышающего преобразователя постоянного тока, питаемого от солнечной фотоэлектрической системы, оценивается в условиях постоянной и переменной скорости. Модифицировано с помощью инструмента *Matlab/Simulink* с помощью системных параметров, показанных в таблице.

Рабочие параметры

№	Рабочие параметры	Значения
01	Входное напряжение фотоэлектрической системы	$V_{pv} - 200V, P_{pv} - 10kW$
02	Выходное напряжение повышающего DC-DC преобразователя	$V_{in} - 200V, V_o - 400V, F_s - 50kHz$ $L_1 - 1\mu H, C_1 - 100\mu F, F_s - 50kHz$
03	Бесщеточное одностороннее управление двигателем	Номинальное напряжение 400 V; Текущий 2.5 A; Номинальная мощность: 1kW

Оценка производительности контроллера бесщеточного двигателя постоянного тока на солнечной энергии с использованием обычного преобразователя постоянного тока в условиях постоянной скорости (2000 об/мин). Солнечная батарея выдает входное напряжение 200 В на обычный преобразователь постоянного тока; он преобразуется в необходимое выходное напряжение 400 В с шагом 2%. Скорость ротора бесщеточного двигателя постоянного тока поддерживается постоянной и достигает опорной скорости 2000 об/мин с временем установления устойчивого состояния 0,14 секунды. В установившихся условиях двигатель развивает номинальный электромагнитный крутящий момент 2,2 Нм, который поддерживается постоянным.

При условии изменения скорости от 1400 об/мин до 2000 об/мин скорость бесщеточного двигателя постоянного тока изменяется в соответствии с заданной опорной скоростью. Постоянный прямоугольный ток статора в условиях переменной скорости составляет 2 А. В установившихся условиях бесщеточный двигатель постоянного тока обеспечивает постоянный электромагнитный крутящий момент 2,2 Нм. Исследуются характеристики двигателя в условиях фиксированной и переменной скорости при использовании обычного

повышающего преобразователя постоянного тока, питающегося от солнечной энергии.

Обычный повышающий преобразователь постоянного тока преобразует солнечное-фотоэлектрическое напряжение 200 В в высокое повышающее напряжение 400 В с приращением 2%, работая по схеме управления с обратной связью для достижения начальных параметров. Выходной сигнал стабильный и точный. Рекомендуется оценить производительность предлагаемой системы на основе статистики эксплуатации в условиях постоянной/переменной скорости с использованием инструментов *Matlab/Simulink*, результаты проиллюстрированы. Предложенный метод подходит для любого приложения реального времени.

Источники

1. Ramesh V., Kusuma Latha Y. An Interleaved Boost Converter Based PFC Control Strategy for BLDC motor // International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE). 2015. Vol. 5. No.5. PP. 957–966.
2. Raghu T., Chandra Sekhar S., Srinivas Rao J. SEPIC Converter Based-Drive for Unipolar BLDC Motor // International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE). 2012. Vol. 2. No.2. PP. 159–165.
3. Jin-li L. Adaptive Control for Brushless DC Motor Based on Fuzzy Inference // TELKOMNIKA Indonesian Journal of Electrical Engineering. 2014. Vol. 12. No.5. PP. 3392–3398.
4. Bharatiraja C., Babu Sh., Krishnakumar V., Sanjeevikumar P., George N. Investigation of Slim Type BLDC Motor Drive with Torque Ripple Minimization using Abridged Space-Vector PWM Control Method // International Journal of Power Electronics and Drive System (IJPEDS). 2017. Vol. 8. No.2. PP. 593–600.
5. Singh M., Chandra A. Real-time implementation of ANFIS control for renewable interfacing inverter in 3P4W distribution network // IEEE Trans. Ind. Electron. 2013. Vol. 60. No.1. PP. 121–128.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ 3D-ПЕЧАТИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ КОРПУСОВ САМОДЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Хамидуллин Ильдар Ниязович

Науч. рук. д-р техн. наук, доц. Иванов Дмитрий Алексеевич

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

ildar.ildar-xam2017@yandex.ru

При создании самодельных устройств возникает необходимость в создании корпусов. Раньше для создания корпусов использовали подручные средства, такие как обрезки ПВХ, фанера, оргстекло, клей и т.д.

Ключевые слова: корпус, 3D моделирование, 3D печать, самодельные устройства, радиоэлектронная аппаратура.

THE USE OF 3D PRINTING TECHNOLOGY TO CREATE CASES OF HOMEMADE DEVICES

Khamidullin Ildar N.

Scientific advisor Ivanov Dmitry A.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

ildar.ildar-xam2017@yandex.ru

When creating homemade devices, it becomes necessary to create enclosures. Previously, improvised tools such as PVC trimmings, plywood, plexiglass, glue, etc. were used to create enclosures.

Keywords: housing, 3D modeling, 3D printing, homemade devices, electronic equipment.

При создании самодельных устройств электронным схемам нужен корпус, который имел бы оптимальные размеры, был удобен, компактен. Причем немаловажным моментом является легкость обработки того материала, из которого собирается этот самый корпус для РЭА (радиоэлектронная аппаратура). Сейчас корпуса для своих электронных самоделок можно купить в готовом виде. Останется лишь поместить свою схему, плату в эту коробку и вмонтировать элементы управления на переднюю панель, если таковые имеются. Но готовые корпуса стоят не так уж и дешево. Но никто не отменял самопальный корпус, который обычно

собирается из простых, надежных материалов, стоящих практически копейки. В этой статье речь пойдет о таких материалах как старый, добрый ДВП, а также относительно новый вспененный ПВХ [1].

ДВП – этот материал достаточно экологический. Его легко обрабатывать. Стоит дешево. Приобрести можно практически в любом строительном магазине (рис. 1).



Рис. 1. Обрезки ДВП

Другим довольно хорошим материалом, из которого можно делать различные самодельные корпуса для своих собранных электронных схем, является вспененный ПВХ (рис. 2) [2].



Рис. 2. Обрезки вспененного ПВХ

Для изготовления штучных бытовых устройств эти материалы вполне подходят, но, когда речь заходит об изготовлении партии устройств эти материалы, не подходят так как повторяемость каждого корпуса, снижается.

Хорошей альтернативой на данный момент является 3D-печать. 3D-печать обеспечивает свободу для экспериментов в области дизайна и внешнего вида корпусов. На этапе моделирования можно учесть все функции, с которыми должна справляться деталь, и адаптировать ее под конкретные потребности клиента [3]. Геометрия изделий, предлагаемая аддитивным производством, практически не ограничена. Такую гибкость не может предложить ни одна другая технология. Также снижается цена на изготовления корпусов, так как цена готового изделия зависит от потраченного материала

Источники

1. Галкина А.Е., Холодилов А.А. Сферы применения технологий трехмерной печати // ББК 72 П102. 2018.
2. Горьков Д.Е. 3D-печать с нуля. СПб.: БХВ-Петербург, 2020. 256 с.
3. Клаус Ш., Вольфганг Ш. Самодельные электронные устройства в быту: пер. с нем. М.: ДОСААФ, 1984. 144 с.

УДК 542.2. 54.08

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ НА ОСНОВЕ РАДИОЧАСТОТНОГО МЕТОДА РЕГИСТРАЦИИ СИГНАЛОВ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ

Шакирзянов Марат Альбертович¹, Кочеткова Азалия Адиповна²

Науч. рук. д-р физ.-мат наук, проф. Голенищев-Кутузов Александр Вадимович

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹maratlol@mail.ru, ²azalkakarimova.16@mail.ru

Высоковольтное энергетическое оборудование, ввиду его сложности и работы в условиях влияния сильных электрических полей, а также электродинамических и тепловых воздействий, подвергается большому риску возникновения электрических пробоев, разрушению, возникающих из-за образования дефектов. Таким образом, повышение эксплуатационной надежности – актуальный вопрос, которым задаются специалисты.

Ключевые слова: логопериодическая антенна, радиочастотный метод, разрядные процессы, высоковольтная изоляция.

EXPERIMENTAL SYSTEM FOR DETERMINING THE TECHNICAL CONDITION OF HIGH-VOLTAGE INSULATORS BASED ON THE RADIO FREQUENCY METHOD OF RECORDING PARTIAL DISCHARGE SIGNALS

Shakirzyanov Marat A.¹, Kochetkova Azaliya A.²
Scientific advisor Golenishchev-Kutuzov Aleksandr V.
^{1,2}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
¹maratlol@mail.ru, ²azalkakarimova.16@mail.ru

High-voltage power equipment, due to its complexity and operation under the influence of strong electric fields, as well as electrodynamic and thermal influences, is at great risk of electrical breakdowns, destruction resulting from the formation of defects. Thus, improving operational reliability is an urgent question that specialists are asking.

Keywords: logoperiodic antenna, radio frequency method, discharge processes, high-voltage isolation.

В данной работе приведен метод изучения разрядных процессов радиочастотным методом [1] для последующей разработки экспериментальной системы определения технического состояния высоковольтных изоляторов на основе радиочастотного метода регистрации сигналов частичных разрядов [2]. Прием электромагнитного излучения (ЭМ) осуществлялся с помощью широкополосного приемника и специальной логопериодической антенны [3].

Для проведения эксперимента по исследованию разрядных процессов была создана специализированная экспериментальная установка (рис. 1).

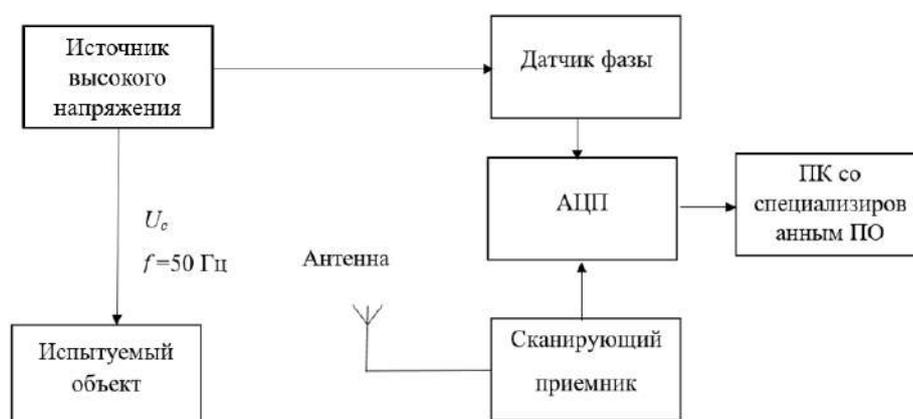


Рис.1. Схема разработанной установки

В рамках эксперимента использовался стационарный профессиональный приемник *AOR AR5001D*, представляющий собой супергетеродинный радиоприемник, функционирующий по принципу преобразования сигнала. Его частотный диапазон составляет от 40 кГц до 3,15 ГГц при амплитудной модуляции [4]. Оценка напряженности электромагнитного поля, измеряемого с помощью антенны и приемника без контакта и пропорциональной среднему току I через частичный разряд, определяется как:

$$E_{\text{д}} = \frac{k^2 i l}{4\pi\omega\epsilon_a r}, \quad (1)$$

В процесс регистрации напряженности вносятся полезные сигналы и помехи. Предлагается методика синхронного сбора данных среднего уровня мощности электромагнитного излучения и фазы сетевого напряжения (рис. 2). В ходе проведения эксперимента мы применяли метод синхронного накопления относительно фазы сетевого напряжения (0,02 сек).

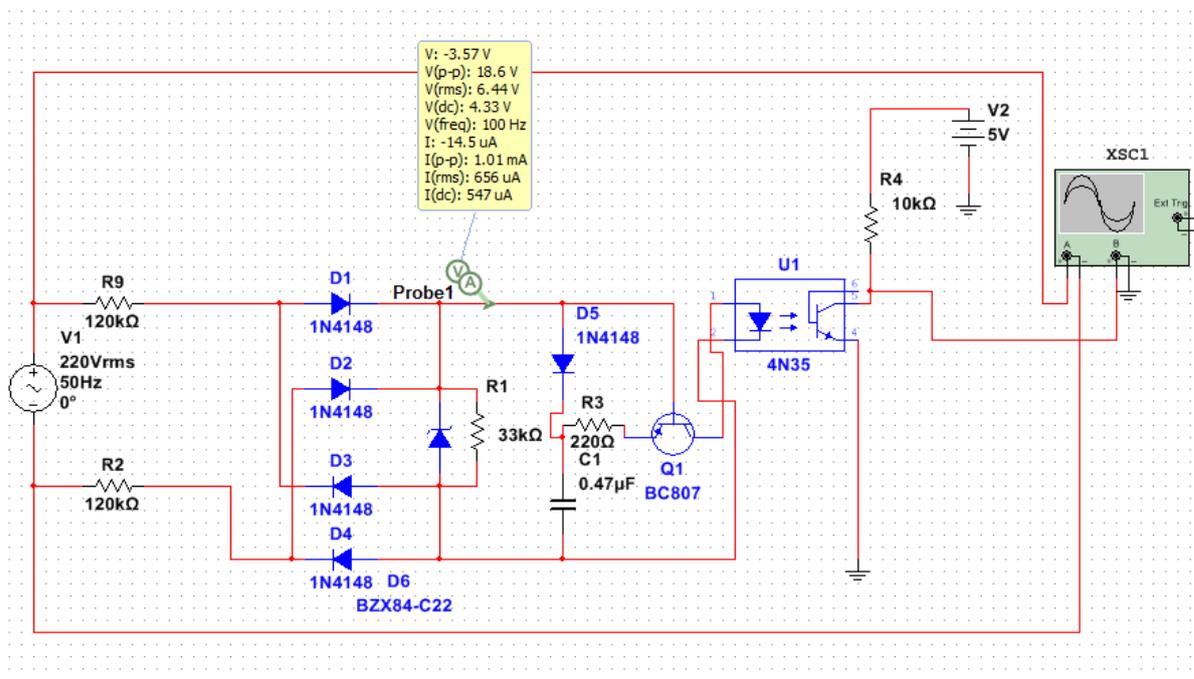


Рис. 2. Схема детектора пересечения нуля синусоиды, реализованная в *Multisim*

В ходе эксперимента использовалась гирлянда из трех высоковольтных стеклянных изоляторов. На одном из изоляторов был

искусственно создан дефект. Были проанализированы три изолятора, каждый из которых находился в различном состоянии: исправные изоляторы, два изолятора исправны, один с дефектом, два изолятора с дефектом, один исправен. Исходя из исследования можно сделать вывод: при отсутствии дефектных изоляторов напряженность составляет 0,02 усл. ед.; у гирлянды с одним дефектным изолятором – напряженность составляет 0,06 усл. ед.; у гирлянды с двумя дефектными изоляторами напряженность составляет 0,11 усл. ед. Результаты показывают, что метод работает и может быть использован для создания устройства в будущем.

Источники

1. Ушаков В.Я. Изоляция установок высокого напряжения. М.: Энергоатомиздат, 1994. 496 с.

2. Дхомовская Л.Х., Ларионов В.П., Пинталь Ю.С., и др. Техника высоких напряжений. М: Энергия, 1976. 473 с.

3. Вдовико В.П. Частичные разряды в диагностировании высоковольтного оборудования. Новосибирск: Наука, 2007. 155 с.

4. Кучинский Г.С. Частичные разряды в высоковольтных конструкциях. М.-Л.: Энергия, 1979. 270 с.

УДК 621.382

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ПРИБОРЫ НА ОСНОВЕ КАРБИДА КРЕМНИЯ

Шакиров Ильяс Илнурович¹, Романов Антон Сергеевич²

Науч. рук. канд. пед. наук, доц. Ахметвалеева Ляля Вахитовна

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹shakirov230402@gmail.com, ²ya.rom1502091096@mail.ru

В статье рассматривается, один из перспективных материалов полупроводниковой электроники – карбид кремния (SiC), его свойства, области применения, а также электронные компоненты на его основе.

Ключевые слова: полупроводниковые приборы, карбид кремния SiC, технология SiC CMOS, силовая электроника, диод, транзистор, кремний, карбид.

SILICON CARBIDE BASED SEMICONDUCTOR DEVICES

Shakirov Ilyas I.¹, Romanov Anton S.²

Scientific advisor Ahmetvaleeva Lyalya V.

^{1,2}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹shakirov230402@gmail.com, ²ya.rom1502091096@mail.ru

The article discusses one of the promising materials for semiconductor electronics, silicon carbide SiC, its properties, areas of application, as well as electronic components based on it.

Keywords: semiconductor devices, silicon carbide SiC, SiC CMOS technology, power electronics, diode, transistor, silicon, carbide.

Совершенствование развития электроники требует все больше и больше качественных полупроводниковых материалов. С развитием технологий получения полупроводников искусственным способом возрастают объемы производства электронных компонентов. Кремний (Si) – очень важный химический элемент в современной электронике. Его используют при производстве микрочипов, солнечных батарей, транзисторов и многих других электронных устройствах [1].

В настоящее время многие отрасли производства нуждаются в электронных компонентах, которые способны выдержать экстремальные режимы работы при неблагоприятных условиях. Таким материалом является карбид кремния SiC.

Карбид кремния представляет собой химическое соединение кремния с углеродом. В чистом виде, в природе, достаточно редко встретить такой материал, он присутствует в виде сложного минерального вещества – муассанита. Данный материал также получают при помощи спекания кремнезема с углеродом в графитовой печи. После чего полученный материал подвергается термическому разложению [2].

В данный момент карбид кремния используется для создания элементов силовой электроники: диодов, транзисторов, способных выдерживать высокие температуры до 700 градусов и химически стойких. При комнатной температуре карбид кремния SiC не взаимодействует ни с какими кислотами.

Если сравнивать с Si карбид кремния SiC, то у последнего пробивная напряженность поля превышает численное значение в 10 раз, при таких данных удельное сопротивление во время открытого состояния в 400 раз

ниже. Эти параметры идеально подходят для создания силовых полупроводниковых устройств [3,4].

Как было указано выше, карбид кремния благодаря своей высокой рабочей температуре и радиационной стойкости является важным материалом для создания полупроводниковых приборов, особенно военного и космического назначения.

Одним из ключевых направлений развития современной электроники является разработка высокотемпературных полупроводниковых приборов, однако для полной реализации потенциала карбида кремния необходимо решить проблему создания надежного электрического контакта, особенно при высоких температурах. Данные условия развивают деградацию контакта, что в свою очередь может привести прибор в нерабочее состояние. Вакуумирование полупроводника для обеспечения надежной работы в условиях повышенных температур сопряжено с увеличением стоимости и объема устройства, что делает его менее доступным для широкого применения [5].

Важным направлением совершенствования электронных изделий является создание интегральных схем *CMOS* на основе карбида кремния. Технология *SiC CMOS* предоставляет низкое энергопотребление, высокую радиационную и тепловую стойкость, что делает ее особенно интересной для многих областей применения.

Источники

1. Гусев В.Г., Гусев Ю.М. Электроника и микропроцессорная техника (для бакалавров). М.: КноРус, 2024. 247 с.
2. Калашников В.И. Электроника и микропроцессорная техника: Учебник. М.: Academia, 2015. 384 с.
3. Голенищев-Кутузов А.В., Ахметвалеева Л.В., Еникеева Г.Р. и др. Дистанционная диагностика дефектов в высоковольтных изоляторах // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22. № 2. С. 117–127.
4. Ахметвалеева Л.В., Галимов Р.З. Создание отладочных плат для проектирования и исследования микроконтроллерных устройств. // Материалы IV Национальной научно-практической конференция «Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве» (Казань, 6-7 декабря 2018г.): в 2 т./ ред. кол.: Э. Ю. Абдуллазянов (гл. редактор) и др. Казань.: Казан. гос. энерг. ун-т, 2018. Т. 1. С. 431–433.

5. Ахметвалеева Л.В., Еникеева Г.Р., Галимуллин Н.Р. Технологические особенности автоматизированных систем охлаждения // Материалы V Национальной научно-практической конференции «Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве». Казань.: Казан. гос. энерг. ун-т, 2019. Т.1. С. 447–449.

УДК 004.896

РАЗРАБОТКА ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Шалаумов Сергей Сергеевич¹, Мурзахметов Данир Ильнурович²,
Зулькарнаев Равиль Нурисламович³, Власовский Виктор Сергеевич⁴

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Вассунова Юлия Юрьевна

^{1,2,3,4}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹Shalaumov_cergey@mail.ru, ²hanmurzahmetov@gmail.ru, ³zravit04@mail.ru,

⁴Vitek-Vkakoito@yandex.ru

Данная статья посвящена созданию искусственного интеллекта с целью оптимизации энергопотребления промышленных предприятий. Данная разработка очень важна, потому что это позволит сократить экономические затраты, снизить вредные выбросы и оптимизировать использование энергоносителей.

Ключевые слова: искусственный интеллект, техническое состояние, диагностика, платформа, роботизированное устройство, базы данных, энергоэффективность.

DEVELOPMENT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TO OPTIMIZE THE ENERGY CONSUMPTION OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

Shalaumov Sergey S.¹, Murzakhmetov Danir I.², Zulkarnaev Ravil N.³, Vlasovsky Victor S.⁴

Scientific advisor Vassunova Yuliya Yu.

^{1,2,3,4}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹Shalaumov_cergey@mail.ru, ²hanmurzahmetov@gmail.ru, ³zravit04@mail.ru,

⁴Vitek-Vkakoito@yandex.ru

This article is dedicated to the development of artificial intelligence for optimizing energy consumption in industrial enterprises. This development is very important because it

will reduce economic costs, reduce harmful emissions and optimize the use of energy resources.

Keywords: artificial intelligence, technical condition, diagnostics, platform, robotic device, databases, voltage.

В данный момент существует потребность в улучшении управления электропотреблением. Это связано с растущими затратами на энергию, угрозой истощения ресурсов и негативными воздействиями на окружающую среду. Поэтому все больше внимания уделяется разработке и применению инновационных технологий, включая искусственный интеллект, для оптимизации энергопотребления и повышения энергоэффективности.

Искусственный интеллект (ИИ) играет важную роль в управлении энергопотреблением, предоставляя новые возможности для оптимизации и эффективного использования энергии [1]. Он позволяет автоматизировать процессы мониторинга, анализа и принятия решений, что приводит к снижению затрат на энергию, повышению энергоэффективности и сокращению негативного воздействия на окружающую среду.

Автоматизация и оптимизация процессов

Искусственный интеллект позволяет автоматизировать процессы управления энергопотреблением, что упрощает и ускоряет их выполнение [2]. Например, с помощью ИИ можно разработать алгоритмы для автоматического контроля и регулирования работы энергетических систем, таких как системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (HVAC), освещение и другие. Это позволяет оптимизировать расход энергии в реальном времени, учитывая факторы, такие как погода, наличие людей в помещении и другие параметры

Прогнозирование и анализ данных

Искусственный интеллект может использоваться для прогнозирования и анализа данных, связанных с энергопотреблением [3]. Например, с помощью ИИ можно разработать модели, которые предсказывают будущий спрос на энергию на основе исторических данных и внешних факторов, таких как погода, экономические показатели и т.д. Это позволяет энергетическим компаниям и потребителям планировать и оптимизировать свою деятельность, чтобы снизить затраты на энергию и улучшить энергоэффективность.

Управление распределенными энергетическими системами

Искусственный интеллект может быть использован для управления распределенными энергетическими системами, такими как сети солнечных

панелей, ветряные фермы и электромобили. С помощью ИИ можно разработать алгоритмы, которые оптимизируют распределение и использование энергии в таких системах, учитывая различные факторы, такие как доступность источников энергии, потребности потребителей и ограничения сети [4]. Это позволяет повысить эффективность использования возобновляемых источников энергии и снизить зависимость от традиционных источников энергии.

Таким образом, искусственный интеллект играет важную роль в управлении энергопотреблением, предоставляя новые возможности для оптимизации и эффективного использования энергии. Он позволяет автоматизировать процессы, прогнозировать и анализировать данные, а также управлять распределенными энергетическими системами. Это способствует снижению затрат на энергию, повышению энергоэффективности и сокращению негативного воздействия на окружающую среду.

Источники

1. Массель Л.В. Современный этап развития искусственного интеллекта и применение методов и систем ИИ в энергетике // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2021. №4. С. 5–19.

2. Веселов Ф.В., Дорофеев В.В. Интеллектуальная энергосистема России как новый этап развития электроэнергетики в условиях цифровой экономики // Энергетическая политика. 2018. Т. 43. № 5. С. 43–52.

3. Хренников А.Ю., Любарский Ю.А. Использование элементов искусственного интеллекта: компьютерная поддержка оперативных решений в интеллектуальных энергетических сетях. М.: Литрес, 2021. 140 с.

4. Любарский Ю.Я. Оперативный диспетчерский анализ нештатных ситуаций в электрических сетях промышленных предприятий. Компьютерная поддержка на основе технологии экспертных систем // Промышленная энергетика. 2017. №9. С. 2–6.

РАСЧЕТ СНАББЕРНОЙ ЦЕПИ ДЛЯ ТРАНЗИСТОРНОГО КЛЮЧА В СОСТАВЕ ПРЯМОХОДОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Шкурпит Сергей Денисович

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. Калимуллин Рустем Ирекович

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

shkurpitsd@mail.ru

В статье рассмотрен прямоходовый преобразователь с применением цепи защиты от перенапряжения. Приведены основные формулы для расчета емкости и активного сопротивления снабберной цепи для наиболее качественной защиты ключа от вывода из строя.

Ключевые слова: перегрузка, RCD-цепь, снаббер, прямоходовый преобразователь, транзисторный ключ.

CALCULATION OF THE SNUBBER CIRCUIT FOR A TRANSISTOR KEY AS PART OF A FORWARD CONVERTER

Shkurpit Sergey D.

Scientific advisor Kalimullin Rustem I.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan, Russia

shkurpitsd@mail.ru

The article considers a direct-flow converter using an overvoltage protection circuit. The basic formulas for calculating the capacitance and active resistance of the snubber circuit for the highest quality protection of the key from failure are given.

Keywords: overload, RCD circuit, snubber, forward converter, transistor switch.

Классический однотоктный прямоходовой преобразователь часто используется в качестве источника питания. При его очевидных достоинствах, таких как простота (использование только лишь одного транзисторного ключа), меньшие габариты, меньший уровень пульсаций, а также большая эффективность при низком входном напряжении по сравнению с обратноходовым преобразователем, он имеет недостаток, способный сыграть плохую роль в его работоспособности. Данный недостаток – боязнь перегрузок по току и напряжению, а также в случае короткого замыкания [1]. Поэтому для защиты полупроводникового

прибора применяют демпфирующую *RCD*-цепь (снаббер). Схема прямоходового преобразователя со снаббером представлена на рисунке 1.

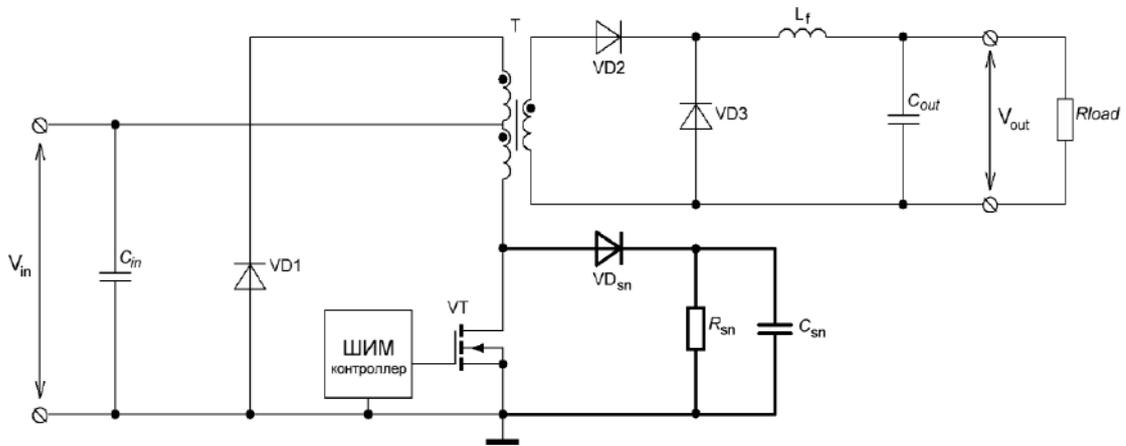


Рис. 1. Прямоходовой преобразователь с применением снаббера для защиты от перенапряжения

Требуется подобрать такие значения емкости и сопротивления *RCD*-цепи, которые обеспечат оптимальную защиту полупроводникового прибора [2]. Ток разряда вычисляется по формуле:

$$i_C = C_{sn} \frac{du_C}{dt}. \quad (1)$$

Решая простое дифференциальное уравнение (1), получим формулу для расчета емкости конденсатора снабберной цепи (2). Если в схеме используется транзистор *IGBT IRG4BC40U_IR*, для которого время переключения t равно 34 нс, напряжение отпирания $U_{отп}$ равно 2,1 В, а ток принимается равным 20 А:

$$C_{sn} = \frac{I_C t}{U_{отп}} = \frac{20 \cdot 34 \cdot 10^{-9}}{2,1} \approx 323,8 \text{ нФ}. \quad (2)$$

С помощью найденного значения емкости можно вычислить сопротивление шунтирующего резистора по зависимости (3), где индуктивность обмотки L_{leak} равна 1 мГн:

$$R_{sn} \geq 2\sqrt{\frac{L_{leak}}{C_{sn}}} = 2\sqrt{\frac{L_{leak}U_{отп}}{I_C t}} = 2\sqrt{\frac{10^{-3}}{323,8 \cdot 10^{-9}}} \approx 1111 \text{ Ом.} \quad (3)$$

Графики зависимостей напряжения от времени без применения снаббера и с его использованием в установившемся режиме представлены на рисунке 2.

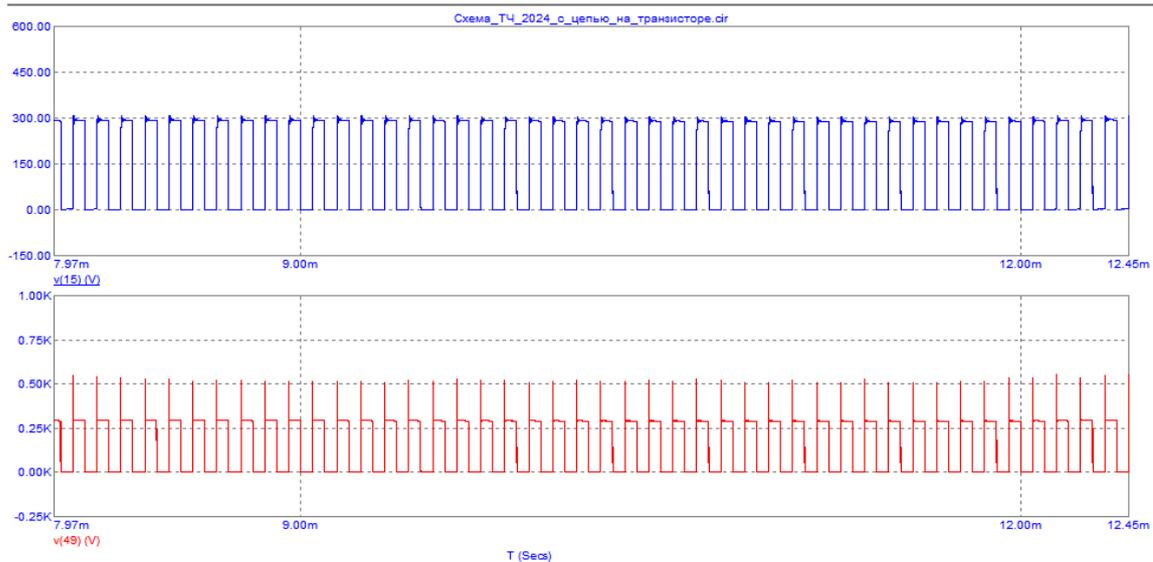


Рис. 2. Временные диаграммы напряжения на транзисторе без снаббера (красная) и со снаббером (синяя)

Необходимо также учитывать то, что в реальных схемах требуется использовать конденсаторы и резисторы с номиналами из стандартных номинальных рядов [3]. Поэтому при проектировании схемы результат гашения всплеска напряжения может изменяться.

Источники

1. Однотактный прямоходовый преобразователь [Электронный ресурс]. <https://www.power-electronics.info/forward.html#1> (дата обращения: 03.03.2024).
2. Шкурпит С.Д. Защитные цепи для полупроводниковых ключей // Материалы конференции «Тинчуринские чтения – 2023. Энергетика и цифровая трансформация». Казань: КГЭУ, 2023. С. 378-381.
3. Конденсаторы для пассивных снабберных цепей [Электронный ресурс]. <https://russianelectronics.ru/kondensatory-dlya-snabbernyh-czepej/> (дата обращения: 05.03.2023).

ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАЗРАБОТКУ КОМПЛЕКСА УМНОГО ДОМА

Щербенев Николай Андреевич¹, Шипиловских Никита Александрович², Гиматдинов Руслан Рафаилович³, Сафин Алмаз Айратович⁴, Орлов Андрей Сергеевич⁵

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Вассунова Юлия Юрьевна

^{1,2,3,4,5}ФГБОУ ВО «КГЭУ» г. Казань, Республика Татарстан

¹kolasi0978@mail.ru, ²retman41@mail.ru, ³ruhusruhum@gmail.com, ⁴zablizub@gmail.com, ⁵orlover404@mail.ru

Для развития отрасли умных домов необходимо использовать передовые технологии, такие как корпоративные информационные системы, цифровые двойники и искусственный интеллект, чтобы создать интеллектуальные устройства, способные автоматически реагировать на изменения окружающей среды. Внедрение современных производственных технологий в разработку комплекса умного дома позволит создать инновационные устройства и системы, которые могут адаптироваться к потребностям и желаниям жильцов. Применение автоматизации производства, цифровизации и облачных технологий поможет создать умный дом, который обеспечит комфорт, безопасность и экономию ресурсов.

Ключевые слова: корпоративные информационные системы, цифровые двойники, искусственный интеллект, умный дом, автоматизация, производственные технологии.

INTRODUCTION OF MODERN PRODUCTION TECHNOLOGIES IN THE DEVELOPMENT OF SMART HOME COMPLEXES

Scherbenev Nikolay A.¹, Shipilovskikh Nikita A.², Gimatdinov Ruslan R.³, Safin Almaz A.⁴, Orlov Andrey S.⁵

Scientific advisor Vassunova Yuliya Yu.

^{1,2,3,4,5}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹kolasi0978@mail.ru, ²retman41@mail.ru, ³ruhusruhum@gmail.com, ⁴zablizub@gmail.com, ⁵orlover404@mail.ru

To develop the smart home industry, it is necessary to utilize advanced technologies such as enterprise information systems, digital twins, and artificial intelligence to create smart devices that can automatically respond to changes in the environment. Incorporating advanced manufacturing technologies into the development of the smart home complex will create

innovative devices and systems that can adapt to the needs and desires of the occupants. The application of manufacturing automation, digitalization and cloud technologies will help create a smart home that provides comfort, safety and resource savings.

Keywords: corporate information systems, digital twins, artificial intelligence, smart home, automation, manufacturing technologies

Внедрение современных производственных технологий в разработку комплекса умного дома (УД) [1] является важным этапом в развитии современных жилых пространств. Использование передовых технологий позволяет создать интеллектуальную инфраструктуру, автоматизировать множество аспектов повседневной жизни и обеспечить высокий уровень комфорта для жителей. Развитие умных технологий в строительстве способствует созданию современного и эффективного [2] жилья, которое отвечает потребностям современного человека в комфорте, безопасности и энергоэффективности.

Основной задачей является внедрение современных производственных технологий в разработку комплекса УД. Исследование данной темы способствует развитию технологической отрасли и отвечает на потребности общества, которое стремится к интеллектуальной жизни.

Цель данной работы заключается в исследовании и оценке потенциала внедрения современных производственных технологий в разработку комплекса УД с целью оптимизации процессов управления, повышения уровня комфорта и безопасности жильцов.

Всемирные организации и предприятия активно применяют современные технологии, такие как корпоративные информационные системы (КИС), цифровые двойники и искусственный интеллект (ИИ), с целью улучшения эффективности работы, оптимизации процессов, повышения производительности и конкурентоспособности. Так какую пользу принесёт внедрение производственных технологий в комплекс УД?

Внедрение корпоративных информационных систем (КИС) [3] в умный дом предлагает несколько преимуществ. Во-первых, оно способствует более эффективному управлению ресурсами, такими как энергия, вода и другие. Это позволяет сэкономить деньги и сделать дом экологически чище. Во-вторых, КИС повышают комфорт и безопасность жильцов умного дома, предоставляя доступ к управлению системами отопления, кондиционирования, безопасности и освещения через мобильные устройства. Таким образом, создаётся оптимальное пространство для жизни и работы.

Внедрение цифровых двойников [4] в умный дом позволит жильцам жить более удобно и безопасно. Они смогут контролировать и оптимизировать уровень энергопотребления, что поможет снизить расходы на коммунальные услуги. Кроме того, цифровые двойники смогут предупреждать о возможных проблемах с инфраструктурой дома, таких как утечки воды или неполадки в системах отопления, что повысит уровень безопасности и предотвратит потенциальные проблемы.

Внедрение искусственного интеллекта [5] в умный дом позволит улучшить его управление. Жильцы смогут контролировать освещение, отопление, кондиционирование воздуха, безопасность и другие аспекты жизни в доме без необходимости физического вмешательства. Кроме того, будут автоматизированы повседневные задачи, такие как включение и выключение устройств, управление энергией и ресурсами, оптимизация расписания и многое другое.

Внедрение современных производственных технологий в разработку комплекса умного дома является ключевым фактором для создания современной и инновационной жилой среды. Технологии интернета вещей, датчиков, систем автоматизации и управления обеспечивают удобство, безопасность и экономию ресурсов для жильцов. Использование современных технологий позволяет создать дом, который адаптируется к потребностям жильцов, сокращает расходы на энергию и управление жилищем. Интеграция новейших технологий в области УД способствует повышению качества жизни. Однако для успешной реализации проектов необходимо учитывать вопросы приватности и безопасности данных.

Источники

1. Гололобов В.Н. "Умный дом" своими руками. М.: НТ Пресс, 2007. 414 с.
2. Акулинушкина Т.Е. Значение применения технологии «Умный дом» для развития жилищно-коммунального хозяйства региона // Молодой ученый: электронный журнал. – URL: <https://moluch.ru/archive/256/58586/>. Дата публикации: 02.05.2019.
3. Султанова Б.К. Особенности использования корпоративной информационной системы // Молодой ученый: электронный журнал. – URL: <https://moluch.ru/archive/100/22540/>. Дата публикации: 16.10.2015
4. Цифровые двойники / под редакцией д.т.н., профессора П.А. Созинова. М.: Радиотехника, 2022. 311 с.

5. Рассел С., Норвинг П. Искусственный интеллект: современный подход. М.: Вильямс, 2006. 1410 с.

УДК 535.243

ОБЗОР ВОЗМОЖНОСТЕЙ СПЕКТРОФОТОМЕТРА СФ-56

Яникаева Ксения Юрьевна

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Борисов Андрей Николаевич

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

ksuy.yanikaeva@mail.ru

Спектрофотометр СФ-56 – высокоточное устройство для измерения оптической плотности растворов и концентрации веществ, широко используемое в химических, биологических и фармацевтических исследованиях. Статья представляет его основные функции и применения в различных отраслях. Рассматриваются ключевые характеристики прибора, возможности программного обеспечения, а также примеры его использования.

Ключевые слова: спектрофотометр, СФ-56.

REVIEW OF THE CAPABILITIES OF THE SF-56 SPECTROPHOTOMETER

Yanikaeva Ksenia Y.

Scientific advisor Borisov Andrej N.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

ksuy.yanikaeva@mail.ru

The SF-56 spectrophotometer is a high-precision device for measuring the optical density of solutions and substance concentrations, widely used in chemical, biological, and pharmaceutical research. The article presents its main functions and applications in various fields. The key characteristics of the device, software capabilities, and examples of its use are considered.

Keywords: spectrophotometer, SF-56.

Современная наука и промышленность неразрывно связаны с использованием точных и надежных инструментов для анализа и измерения различных параметров. В этом контексте спектрофотометры играют ключевую роль, так как являются важным инструментом как в

научных, так и в промышленных исследованиях благодаря своей способности анализировать световой спектр вещества.

Одним из таких передовых устройств является спектрофотометр СФ-56, который отличается не только высокой точностью измерений, но и рядом других значимых особенностей. Спектрофотометр СФ-56 предназначен для измерения спектральных коэффициентов поглощения и пропускания вещества при различных длинах волн. Он широко применяется в различных областях науки и промышленности, таких как биология, химия, фармацевтическая промышленность, пищевая промышленность, агропромышленность, медицина и экология [1].

СФ-56 обладает рядом ключевых характеристик, включая широкий диапазон длин волн, высокую точность измерений, удобный интерфейс для работы с данными и простоту использования. Спектрофотометр удобен в использовании, так как имеет компактные размеры. Он также удобен в работе с образцами сложной формы. Его программное обеспечение может быть ловко настроено под любые запросы пользователя [2].

Принцип работы спектрофотометра основан на законе Бугера-Ламберта-Бера, согласно которому оптическая плотность образца пропорциональна концентрации вещества в образце [3]. Для проведения измерений, образец помещается в кювету спектрофотометра, через которую проходит монохроматический свет различной длины волны. Детектор в приборе измеряет интенсивность света, прошедшего через образец, и сравнивает ее с интенсивностью света, прошедшего через эталонный образец или пустую кювету [4].

С помощью спектрофотометра СФ-56 можно проводить качественный и количественный анализ различных веществ, определять их концентрацию, исследовать кинетические процессы, а также оценивать степень прозрачности или цветовые характеристики образцов [5]. Благодаря высокой точности измерений и возможности работы с различными типами образцов, спектрофотометр СФ-56 является незаменимым инструментом для проведения исследований и контроля качества в лабораторных условиях. Его функциональные возможности позволяют получать точные и надежные результаты.

Спектрофотометр СФ-56 является универсальным прибором, который находит широкое применение в различных областях науки и промышленности. От химического анализа и биологических исследований до контроля качества в окружающей среде и фармацевтической промышленности, СФ-56 играет важную роль в измерениях и анализе [6].

Более подробная информация о применении спектрофотометра указана в таблице.

Применение спектрофотометра СФ-56 в различных областях

Область применения	Примеры применения
Медицина	Измерение концентрации белков в крови, анализ мочи, исследование уровня гормонов
Пищевая промышленность	Определение содержания витаминов, анализ качества и состава пищевых продуктов
Фармацевтическая промышленность	Контроль качества лекарственных препаратов, изучение свойств и стабильности различных веществ
Агропромышленность	Определение питательных веществ в почве, анализ состава удобрений
Экология	Измерение уровня загрязнения воды, почвы и воздуха

В целом, спектрофотометр СФ-56 представляет собой мощное и универсальное устройство для проведения анализа различных веществ. Его высокая точность измерений, широкий диапазон длин волн, простота использования и возможность автоматизации делают его незаменимым инструментом для научных и промышленных исследований.

Источники

1. Номоев А.В. Избранные разделы физической оптики. Фотометрия, основы геометрической оптики, волновые явления: учебно-методическое пособие. Улан-Удэ: БГУ, 2017. 64 с.

2. Гусарова В.С., Макарова И.А., Зырянова У.П. Методы и средства измерения качества окружающей среды: учебное пособие. Ульяновск: УлГТУ, 2021. 107 с.

3. УВИ-спектрофотометр СФ-56. Описание [Электронный ресурс]. <http://okb-spectr.ru/products/sf/sf56> (дата обращения: 10.03.2024).

4. Иванова В.Р. Изучение основных параметров светоизлучающих диодов: метод. указания. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2015. 40 с.

5. Гельфман М.И. Практикум по физической химии: учебное пособие. 2-е изд. СПб.: Лань, 2022. 256 с.

6. Короткая Е.В. Физико-химические методы анализа (исследования): учебно-методическое пособие. Кемерово: КемГУ, 2019. 168 с.

СЕКЦИЯ 4. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ФИЗИКИ, ХИМИИ И МАТЕМАТИКИ

УДК 66.087.7, 66.087.2, 66.088

МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА С ПОМОЩЬЮ ПЛАЗМЕННО- ЭЛЕКТРОЛИТНОГО РАЗРЯДА В ГАЗОЖИДКОСТНОЙ СРЕДЕ

Ахунов Д.Ф.¹, Шайдуллин А.И.¹, Семенов М.Н.¹, Мухаметзянов А.Р.¹, Бельгибаев Э.Р.²

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор Гайсин А.Ф.

¹ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

²ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань

89274478153@mail.ru

В статье предложен метод для получения атомов водорода с помощью электрического разряда с образованием плазмы. Представлена экспериментальная установка, а также параметры тока полученные в ходе проведенных экспериментов.

Ключевые слова: электроэнергетика, электрический разряд, плазма, газожидкостная среда, пробой, газообразный водород.

METHOD OF HYDROGEN PRODUCTION BY PLASMA- ELECTROLYTE DISCHARGE IN A GAS-LIQUID MEDIUM

Akhunov D.F.¹, Shaidullin A.I.¹, Semenov M.N.¹, Mukhametzyanov A.R.¹, Belgibaev E.R.²

Scientific advisor Gaisin A.F.

¹KSPEU, Kazan, Russia

²KNRTU-KAI, Kazan, Russia

89274478153@mail.ru

The article proposes a method for producing hydrogen atoms by means of an electric discharge with the formation of plasma. The experimental setup is presented, as well as the current parameters obtained during the experiments.

Keywords: electric power industry, electric discharge, plasma, gas-liquid medium, breakdown, hydrogen gas.

Существуют различные способы добычи водорода, но наибольший интерес представляет способы получения с применением электрических методов. Одним из них является плазменно-электролитный разряд. Были проведены множество экспериментов, подтверждающие возможность

выделения водорода из водных растворов электролитов при воздействии на них низкотемпературной плазмы электрического разряда [1-5].

Целью данной работы является проведение эксперимента по воздействию плазменно-электролитического разряда постоянного тока на газожидкостную неорганическую смесь для получения атомов водорода.

Для проведения эксперимента была собрана экспериментальная установка (см. рис.), состоящая из разрядной камеры, источника питания и системой управления. Электроды представляют собой медные проволоки диаметром 1 мм. В роли электролита выступал NaCl с концентрацией 0,3 М.

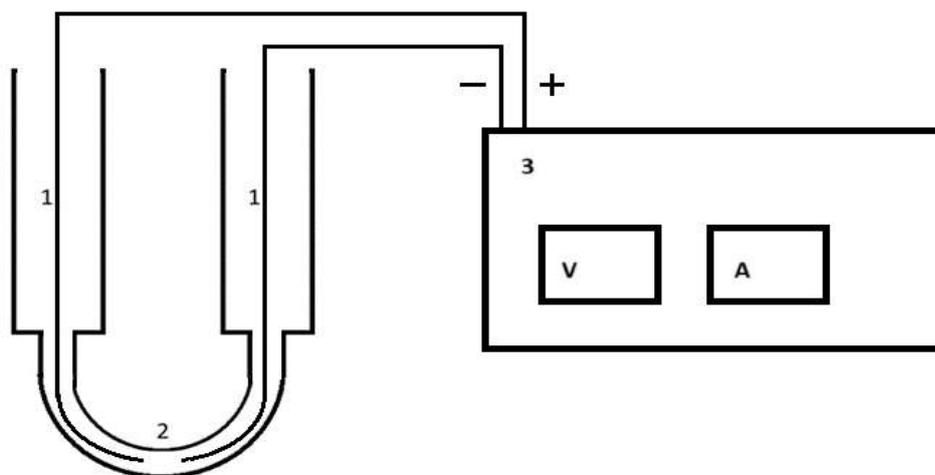


Схема устройства экспериментальной установки. 1 – стеклянные сосуды разрядной камеры, 2 – межэлектродное расстояние 10 – 15 см, 3 – источник питания и управления

В ходе эксперимента были получены такие значения токов (см. табл.) исходя из которых можно представить, как протекает ток в электролите. Напряжение от 0 до 50 В соответствует обычному электролизу. Затем следует область образования плазмы, точка в 50 В является напряжением пробоя. Из-за образования газовой оболочки на аноде далее наблюдается снижение тока. Напряжение в 600 В, при котором ток резко начинает возрастать, является напряжением средней точки. Начиная с данного напряжения начинает наблюдаться свящаяся плазма.

Зависимость тока от напряжения

U, В	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600
I, А	0,75	0,4	0,1	0,1	0,15	0,15	0,09	0,05	0,05	0,05	0,04	0,15

Образование плазменного шара сопровождается активным выделением пузырьков газа, чем при обычном электролизе, что советуется результатам предыдущих исследователей [3,5]. В результате эксперимента выяснилось, что выделяемые атомы газов, такие как кислород, выходят из стеклянного сосуда, к которому подведен положительный потенциал. Атомы водорода выходят у отрицательного потенциала.

Источники

1. Багаутдинова Л.Н., Садриев Р.Ш., Гайсин А.Ф., и др. Некоторые особенности диэлектрического барьерного разряда с жидким и твердым электродами // Теплофизика высоких температур. 2019. Т.57. № 6. С. 953-956.

2. Гайсин А.Ф., Басыров Р.Ш., Сон Э.Е. Модель тлеющего разряда между электролитическим анодом и металлическим катодом // Теплофизика высоких температур. 2015. Т.53. № 2. С.193.

3. Yan, X., Li, Y., Sun, C., et al. Hydrogen production from absorption-enhanced steam gasification of *Enteromorpha prolifera* and its char using Ce-doped CaO material // Fuel. 2021. Vol.287, N1. 119554.

4. Liu, S., Guo, L., Jin, H., et al. Hydrogen production by supercritical water gasification of coal: A reaction kinetic model including nitrogen and sulfur elements // International Journal of Hydrogen Energy. 2020. Vol.45, N56. pp. 31732-31744.

5. Булычев Н.А., Казарян М.А., Этираи А., и др. Плазменный разряд в жидкофазных средах под действием ультразвуковой кавитации как метод синтеза газообразного водорода // Краткие сообщения по физике ФИАН. 2018. Т.45. № 9.

УДК 537.12

ЯДЕРНЫЕ СПИНЫ В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МИНЕРАЛАХ

Гарькавый Станислав Олегович, Гавриленко Андрей Николаевич, Шмидт Екатерина
Вадимовна

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, проф. Матухин Вадим Леонидович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
ololoiev77@mail.ru

В работе описывается систематическое исследование особенностей дефектной структуры, зарядового распределения и спиновой динамики в природных образцах

антиферромагнитного полупроводникового минерала халькопирита CuFeS_2 методом ЯМР $^{63,65}\text{Cu}$ в локальном поле.

Ключевые слова: халькопирит, ядерный магнитный резонанс (ЯМР), спин-решеточная релаксация, ширина спектра.

NUCLEAR SPINS IN SEMICONDUCTOR MINERALS

Garkavy Stanislav O., Gavrilenko Andrey N., Schmidt Ekaterina V.

Scientific advisor Matukhin Vadim L.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

ololoiev77@mail.ru

The paper describes a systematic study of the features of the defect structure, charge distribution and spin dynamics in natural samples of the antiferromagnetic semiconductor mineral chalcopyrite CuFeS_2 using the $^{63,65}\text{Cu}$ NMR method in a local field.

Keywords: chalcopyrite, nuclear magnetic resonance (NMR), spin-lattice relaxation, spectrum width.

В последние годы повышенный интерес проявляется к термоэлектрическим свойствам халькопирита (CuFeS_2), который давно известен как антиферромагнитный многокомпонентный полупроводниковый минерал [1-3]. Халькопирит не содержит в своем составе токсичных и редких элементов, но, несмотря на высокое значение коэффициента Зеебека ($S \sim 480$ мкВ/К при $T=300$ К), халькопирит имеет низкое значение электрической проводимости (σ) и высокую теплопроводность (k), что в результате приводит к небольшому значению термоэлектрической добротности ZT ($ZT=S^2\sigma T/k$). Изучение влияния структурных дефектов на тепловые и электронные свойства халькопирита представляет особое значение при рассмотрении его термоэлектрической добротности.

Целый ряд свойств антиферромагнетиков (АФМ): сверхбыстрая магнитная динамика, гигантский магниторезистивный эффект, спиновый эффект Зеебека, делают их также перспективными материалами, с которыми связывают будущее антиферромагнитной спинтроники – нового раздела физики конденсированного состояния, изучающего свойства материалов, в которых не только электрический заряд, но и спин электрона играют ключевую роль [4]. К настоящему времени основными активными компонентами спинтронных элементов являются ферромагнетики (ФМ). В этой связи исследование антиферромагнитного полупроводникового минерала халькопирита представляет также особый интерес.

Для проведения измерений было взято четыре образца минерала

CuFeS₂. Два из которых были получены из континентальных месторождений: Талнахское месторождение (г. Норильск) и Сибайское месторождение (г. Сибай). Два других образца были получены из океанических месторождений: Семенов-2 (Срединно-атлантический хребет), Сольвара-1 (Море Бисмарка).

Спектральные и релаксационные параметры ЯМР ^{63,65}Cu в локальном поле в CuFeS₂ были измерены на многоимпульсном спектрометре ЯКР/ЯМР Tecmag Redstone. Измерения формы линий спектров ЯМР ^{63,65}Cu проводились при помощи импульсной последовательности $\pi/2$ - τ - π . Для всех исследуемых образцов длительности первого и второго импульса были 6 и 12 мкс, соответственно. Время спин-решеточной релаксации T₁ измерялось стандартной инвертирующей последовательностью РЧ импульсов π - τ - $\pi/2$ - τ - π - τ -эхо на частотах, соответствующих максимуму линий $\nu(\text{CL})$, отвечающих центральному переходу ядерных спинов распространенных изотопов меди ⁶³Cu и ⁶⁵Cu.

Результаты полученных измерений позволили определить характеристики сверхтонких взаимодействий: внутреннее магнитное поле на квадрупольном ядре атома меди $H_0 = \nu_L/\gamma = 17.6$ кЭ и константу квадрупольной связи $Q_{CC} \approx 2\nu_Q \approx 4.42$ МГц. Значительная ширина обнаруженных резонансных линий в спектрах ЯМР ⁶³Cu и ⁶⁵Cu в исследованных глубоководных образцах халькопирита прямо свидетельствует о большом распределении локальных полей в этих образцах. Это распределение - результат отклонения океанических образцов от стехиометрического состава и наличие примесей, что вызывает увеличение дефектности образцов. Полученные результаты указывают на магнитный механизм ядерной спин решеточной релаксации изотопов меди ⁶³Cu и ⁶⁵Cu, обусловленный флуктуациями локальных дипольных полей, создаваемых спинами ионов Fe³⁺.

Источники

1. Шуй Р.Т., Полупроводниковые рудные минералы. Л. : Недра, 1979, с. 172.
2. Shay J.L. Wernick, J.H.: Ternary Chalcopyrite Semiconductors: Growth, Electronics, Properties and Applications. Pergamon, 1975.
3. Ramdohr P. , The Ore Minerals and their Intergrowths. Oxford, p. 1174. 1969.
4. Gomonay H.V. and Loktev V.M., Phys. Rev. B 81, 144427 (2010).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ЧАСТИЦ ДИПРОКСАМИНА В МАСЛЯНОЙ СРЕДЕ

Климовицкая М.А.^{1,2}, Казанцева Д.А.³

Науч. рук. доктор хим. наук, профессор Зуева О.С.

¹ Казанский институт биохимии и биофизики ФИЦ КазНЦ РАН, Казань, Россия

² Казанский федеральный университет, Институт химии им. А.М. Бутлерова, Казань

³ Лицей № 131, Казань, Россия

¹mklimovitskaya@mail.ru, ²daryada64@gmail.com

Методом динамического светорассеяния определены размеры частиц, возникающих при растворении дипроксамина – неионогенного поверхностно-активного вещества DPA-157, являющегося одним из универсальных отечественных деэмульгаторов и ингибиторов парафиноотложений, в масляной среде авиационного керосина. Обсуждены возможные структуры, которые могут соответствовать полученному распределению.

Ключевые слова: Динамическое светорассеяние, поверхностно-активные вещества, дипроксамин, керосин.

DETERMINATION OF DIPROXAMINE PARTICLE SIZES IN OIL ENVIRONMENT

Klimovitskaya M.A.^{1,2}, Kazantseva D.A.³

Scientific advisor Zueva Olga S.

¹ Kazan Institute of Biochemistry and Biophysics, FRC KazSC RAS, Kazan, Russia

² A.M. Butlerov Chemical Institute of Kazan Federal University, Kazan, Russia

³ Lyceum № 131, Kazan, Russia

¹mklimovitskaya@mail.ru, ²daryada64@gmail.com

The dynamic light scattering method was used to determine the sizes of particles that arise when the nonionic surfactant diproxamine DPA-157, which is one of the universal domestic demulsifiers and paraffin deposit inhibitors, is dissolved in the oil medium of aviation kerosene. Possible structures that may correspond to the resulting distribution are discussed.

Keywords: Dynamic light scattering, surfactants, diproxamine, kerosene.

Дипроксамин DPA-157 производства Казаньоргсинтез применяется для решения задач нефтяной и нефтеперерабатывающей промышленности. Он активно используется как неионогенное поверхностно-активное вещество

(ПАВ), являющееся универсальным отечественным деэмульгатором и ингибитором парафиноотложений. Дипроксамин представляет собой густую маслянистую жидкость, имеющую плотность 1020-1050 кг/м³. Он хорошо смешивается с нефтью, маслами, ароматическими углеводородами, спиртами. В воде растворим плохо.

Являясь азотсодержащим блок-сополимером окисей этилена и пропилена на основе этилендиамина, по своему химическому строению (рис. 1) относится к поллоксаминам (называемым также Тетрониками) [1]. Поллоксамин состоит из четырех полиоксипропилен/полиоксиэтиленовых цепей, соединенных вместе центральным этилендиаминовым мостом. Поллоксамин, синтезированный с прямой последовательностью звеньев, при которой наружные концы цепей состоят из полиоксиэтилена (PEO), являются гидрофильными. Дипроксамин относится к поллоксаминам с обратной последовательностью звеньев, при которой наружные концы цепей состоят из полиоксипропилена (PPO) и являются гидрофобными. Средняя молекулярная масса полимерных молекул дипроксамина 4500-5000. Общее число гидрофильных звеньев во всех четырех блоках равно 27-28, а число всех гидрофобных звеньев равно 59-61.

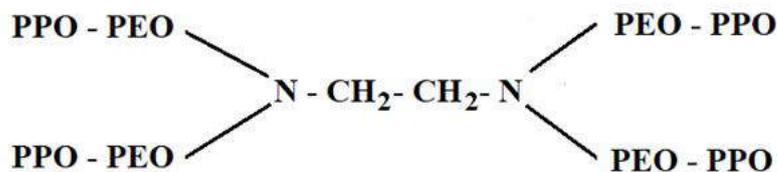


Рис. 1. Структурная формула поллоксамина с обратной последовательностью звеньев. Структуры гидрофобных и гидрофильных блоков обозначены символами PPO и PEO.

Будучи неионогенным ПАВ, дипроксамин способствует диспергированию наночастиц, в частности, углеродных нанотрубок (УНТ), и обеспечивает возможность создания маслорастворимых дисперсий УНТ для их добавления к нефтяным и масляным средам, например, к нефтепродуктам [2,3]. Более того, структура молекулы дипроксамина и ее размеры, оцениваемые в 10-12 нм, также соответствуют наноразмерным образованиям. Поэтому использование в качестве добавок к топливу дипроксамина, либо диспергированных в дипроксамине УНТ, может приводить к эффектам, характерным для жидких нанокпозиционных материалов, т.е. к снижению вязкости тяжелого котельного топлива, его более полному сжиганию, оптимизации расхода топлива, уменьшению количества загрязняющих веществ в дымовых газах и т.д.[4,5]. Целью данной работы явилось изучение

возможного структурообразования между молекулами дипроксамина, находящимися в низкомолекулярной масляной среде, в качестве которой был выбран нефтяной растворитель – авиационный керосин, характеризующийся отсутствием ассоциатов с размерами выше 0.6 нм [6]. Подобная информация может дополнить имеющуюся информацию по механизмам процессов, происходящих в нанокomпозиционных топливах.

Изучение размеров возникающих структур проводилось методом динамического светорассеяния с помощью многоуглового анализатора размеров частиц DLS Photocor Complex (Photocor, Russian Federation), оборудованного гелий-неоновым лазером ($\lambda = 632.8 \text{ nm}$). Исследовались растворы дипроксамина в керосине с концентрацией 1 мг/мл при температуре 30 °С. Для их приготовления дипроксамин смешивался с керосином в нужной пропорции, затем помещался в ультразвуковой диспергатор “Bandelin SONOREX TK52” (Германия, 100 Вт, 35 кГц), где для лучшего перемешивания подвергался ультразвуковому (УЗ) воздействию в течение 20 минут.

Полученные результаты (рис. 2) свидетельствуют о наличии структурообразования, по своим размерам характерного, скорее всего, для микроэмульсий. Это означает, что примененного УЗ воздействия оказалось недостаточно для полного растворения дипроксамина. Уменьшение со временем средних размеров наблюдаемых структур с 1241 нм до 697 нм (через 90 минут) также указывает на продолжающееся растворение.

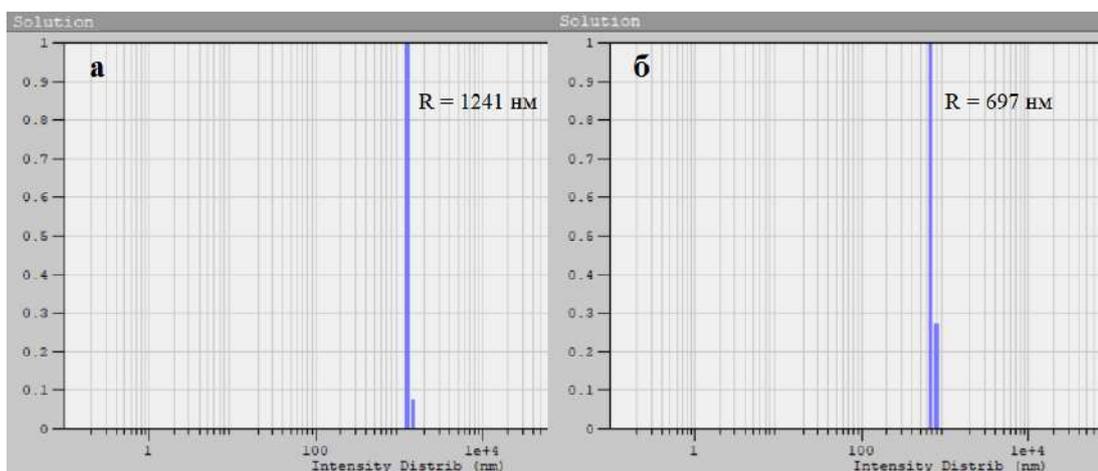


Рис. 2. Распределение частиц по размерам, усредненное по интенсивности: после приготовления и УЗ перемешивания (а), через 90 минут (б)

При изучении механизма диспергирования УНТ с помощью дипроксамина была высказана гипотеза о том, что молекулы полуксаминов, имеющие достаточно сложную X-образную пространственную

конфигурацию, могут образовывать клешнеобразные структуры, приводящие к сцеплению молекул [2,3]. Видимо, такие свойства молекул дипроксамина препятствуют их быстрому растворению и поэтому товарная форма всегда разбавлена и содержит 65% основы в растворителе – метаноле.

Следует также отметить и тот факт, что ассоциатов дипроксамина, подобных мицеллам, в наших экспериментах не наблюдалось. Их возникновение характерно для растворения блок-сополимеров в водных средах. Одиночные молекулы дипроксамина также не фиксируются (рис. 2), несмотря на то, что в расплавленном состоянии они могут иметь размер до 10-12 нм. Это свидетельствует о том, что изучаемые молекулы в керосине при температуре эксперимента не являются жесткими образованиями, диффузионная подвижность которых обусловлена их движением как целого. Скорее их можно рассматривать как совокупность соединенных центральным мостом гибких цепей, составленных из отдельных звеньев, каждое из которых обладает значительной диффузионной подвижностью. Этот факт должен быть учтен при изучении механизмов взаимодействия дипроксамина с окружением.

Источники

1. Zueva O.S., Makarova A.O., Zvereva E.R., Kurbanov R.Kh., Salnikov V.V., Turanov A.N., Zuev Y.F. Industrial block copolymer surfactants: diversity of associative forms and interaction with carbon nanomaterial // J. Mol. Liquids. 2022. V. 359. № 119267.

2. Зуева О.С., Макарова А.О., Зверева Э.Р., Бахтиярова Ю.В., Янушевская Я.С., Туранов А.Н. Полоксамеры и полоксамины для диспергирования углеродных наноматериалов // Высокомолекулярные соединения. Серия А. 2022. Т. 64. С. 452–460.

3. Makarova A., Zueva O., Zvereva E., Shaidullin A., Yanushevskaya Y., Turanov A. Block copolymers as dispersants for nanomaterial added to fuel // E3S Web of Conferences 2023. V. 376. № 04014.

4. Зверева Э.Р., Хабибуллина Р.В., Макарова А.О. и др. Изменение реологических свойств тяжелого котельного топлива при добавлении углеродных нанотрубок и карбонатного шлама // Нефтехимия, 2019. Т. 59. № 1. С. 98-103.

5. Zvereva E.R., Zueva O.S., Khabibullina R.V., Makarova A.O. Nanomaterial Effect Study in the Viscosity Characteristics of Fuel Oil and Alternative Fuels Used at Fuel and Energy Complex Enterprises // J. Eng. Appl. Sci. 2016. V. 11. P. 2950-2954.

6. Зуева О.С., Зверева Э.Р., Бахтиярова Ю.В. и др. Ассоциативное поведение длинноцепочечных n-алканов в нефтяных дисперсных системах // Изв. АН. Сер. хим. 2024. Т. 73. № 3. С.546-554.

УДК 539.143.4

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СНЕГА ДЛЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЯКР ЭКСПЕРИМЕНТОВ В СТИБНИТЕ Sb_2S_3 .

Китанин Дмитрий Сергеевич ¹, Иванов Вадим Владимирович ²
Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Погорельцев Александр Ильич
^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
¹zak7235@mail.ru, ²vadim_2002@list.ru

В тезисе описывается проблема температурной стабилизации при проведении экспериментов методом ядерного квадрупольного резонанса в стибните Sb_2S_3 , спектр которого обладает высокой чувствительностью к изменению температуры окружающей среды, способом решения которой является использование снега, как среды в которую помещается образец.

Ключевые слова: ядерный квадрупольный резонанс (ЯКР), стибнит, температурная стабилизация, ширина спектра, температурная зависимость ЯКР.

USE OF SNOW FOR TEMPERATURE STABILIZATION DURING YAKR EXPERIMENTS IN STIBNITE Sb_2S_3

Kitanin Dmitry S. ¹, Ivanov Vadim V. ²
Scientific advisor Pogoreltsev Alexander I.
^{1,2}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
¹zak7235@mail.ru, ²vadim_2002@list.ru

The thesis describes the construction of a temperature stabilization system for nuclear quadrupole resonance experiments in Sb_2S_3 stibnite, whose spectrum is highly sensitive to changes in ambient temperature.

Keywords: nuclear quadrupole resonance (NQR), stibnite, temperature stabilization, spectrum width, temperature dependence of NQR.

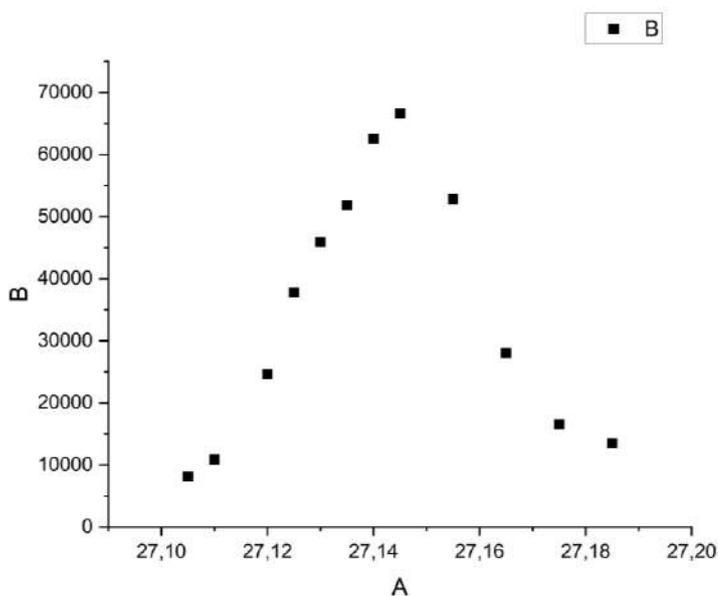
Пленки узкощелевых полупроводников, включая полупроводники группы V2VI3, привлекают пристальное внимание исследователей благодаря уникальным свойствами в перспективе прикладных применений [1–2]. В

частности, пленки Sb_2Se_3 и Sb_2S_3 вызывают интерес с точки зрения их применения в микроволновых, коммутационных и оптикоэлектронных устройствах [3]. Показано, что Sb_2S_3 может быть перспективным при использовании в фотогальванических ячейках для видимой и ближней инфракрасной области спектра, а так же в термоэлектрических устройствах охлаждения [4].

Ранее в работе [5] были исследованы спектры стибнита при 70К и 300К. В работе [6] исследовались температурные зависимости частот ЯКР для разных изотопов и переходов в стибните. Было показано, что стибнит имеет высокий температурный градиент частоты. Так, для изотопа Sb^{123} на переходе $\pm 1/2 \leftrightarrow \pm 3/2$ температурный градиент частоты составляет $dv/dT = 9,1$ кГц/Градус при ширине линии спектра на этом переходе равной $\Delta\nu=18$ кГц.

В данной работе приводится сравнение полученных резонансных линий для одного из переходов в стибните при стабилизации температуры образца при помощи снега и проведении эксперимента без температурной стабилизации. Помещая образец стибнита Sb^{123} в снег, удалось добиться стабильной температуры 5-6 °С в области образца на протяжении ≈ 1 ч. Данный подход позволяет получить более стабильную форму линии на переходе $\pm 1/2 \leftrightarrow \pm 3/2$ (см. рисунок) примерная ширина при таком подходе ≈ 35 кГц.

При этом, без использования какой-либо температурной стабилизации форма линии имеет более широкий фронт и гладкий пик, так как он постоянно смещается. Ширина при таком подходе ≈ 45 кГц



Форма линии Sb^{123} на переходе $\pm 1/2 \leftrightarrow \pm 3/2$ с использованием снега

Данный эксперимент подтвердил важность стабилизации температуры при построении спектра в стибните.

Источники

1. S. Messina, M.T.S. Nair, P.K. Nair. *Solid Films*, 517, 2503 (2009).
2. H. Maghraoui-Meherzi, T. Ben Nasr, N. Kamoun, M. Dachraoui. *Physica B*, 3101 (2010). 405
3. H. Maghraoui-Meherzi, T. Ben Nasr, N. Kamoun, M. Dachraoui. *Comptes Rendus Chimie*, 14, 471 (2011).
4. Q. Han, J. Chen, J. Lu, X. Yang, L. Lu, X. Wang. *Mater. Lett.*, 62, 2050 (2008).
5. Сафин И.А., Пеньков И.Н., ЯДЕРНЫЙ КВАДРУПОЛЬНЫЙ РЕЗОНАНС В СТИБНИТЕ. Доклады Академии наук СССР. 1962, Том 147, №2, 410-413
6. Абдуллин Р.С., Пеньков И.Н., ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ СПЕКТРА ЯКР 121, 123Sb в Sb₂S₃. Физика твердого тела. Том № 19, в №9 (1977).

УДК 661.961.99

ПОЛУЧЕНИЕ ВОДОРОДА ИЗ БИОМАССЫ

Сафиулин Даниэль Альбертович

Науч. рук. канд. хим. наук, доц. Сироткина Лилия Витальевна

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

saf132.132@yandex.ru

В статье рассмотрена возможность получения водорода биохимическим способом из биомассы.

Ключевые слова: водород, фотосинтез, водоросли, получение водорода.

PRODUCTION OF HYDROGEN FROM BIOMASS

Safiulin Daniel A.

Scientific advisor Sirotkina Liliya V.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

saf132.132@yandex.ru

The article discusses the possibility of producing hydrogen by biochemical method from biomass.

Keywords: hydrogen, photosynthesis, algae, hydrogen production.

Поиск альтернативных источников энергии и разработка новых энергетических технологий в настоящее время являются актуальной задачей.

Получение альтернативных видов топлива из возобновляемого природного сырья: растительной, животной и микробной биомассы является в настоящее время перспективным направлением. Особый интерес вызывает биомасса с кислород-продуцирующими микроорганизмами, т.е. микроводорослями и цианобактериями.

Цель данной работы является рассмотрение способа производства водорода при помощи биомассы как одно из перспективных направлений генерации водорода.

Водород является весьма перспективным экологически чистым топливом, а производство водородного топлива связано с поиском и разработкой экономичной и экологически безопасной технологии его получения.

Существующие методы получения водорода имеют существенные недостатки такие, как образование парниковых газов, увеличение стоимости ископаемых энергоресурсов, угроза глобального изменения климата заставляет искать новые решения.

Одним из наиболее многообещающих источников возобновляемой энергии являются водоросли. Исследования показывают, что водоросли способны производить водород, который является чистым и эффективным источником энергии. Выделение водорода из водорослей — это процесс, который называется фотосинтезом водорода [1].

Фотосинтез водорода происходит благодаря специальным белкам, называемым ферментами. Эти ферменты помогают водорослям разлагать воду на водород и кислород с использованием энергии солнечного света. При этом водород можно использовать как топливо для производства электроэнергии или как источник для хранения энергии.

Данный процесс является энергоэффективным и экологически чистым. В отличие от традиционных источников энергии, процесс производства водорода из водорослей не производит вредных выбросов и не увеличивает уровень парниковых газов в атмосфере [2].

Основным шагом в фотосинтезе водорода является использование ферментов, таких как ферредоксин и никотинамид-аденин-динуклеотид фосфат (NADPH), которые помогают водорослям и другим микроорганизмам разлагать воду на молекулы водорода и кислорода. В процессе фотосинтеза водорода, водоросли выполняют так называемую ферментативную реакцию, которая запускает целый ряд химических реакций, приводящих к выделению водорода.

Одним из преимуществ выделения водорода из водорослей является то, что этот процесс является независимым от нефти и газа, что позволяет снизить зависимость от традиционных источников энергии. Водород, полученный из водорослей, является чистым и эффективным источником энергии, который можно использовать в различных областях, включая производство электроэнергии, топливных элементов и хранения энергии [3].

Биологический процесс, в отличие от химического или электрохимического, катализируется микроорганизмами в водной среде в условиях аналогичных условиям их жизнедеятельности. Поэтому, появляется возможность создания экологически чистых каталитических систем производства водорода, функционирующие в отсутствие высоких температур и давления в рабочем реакторе.

Таким образом, использование этого метода позволяет избежать загрязнения окружающей среды и является идеальной альтернативой топливам, получаемым из полезных ископаемых. Однако, биологические методы получения водорода по сей день находятся на стадии экспериментальных разработок.

Источники

1. Марков С.А. Биоводород: возможное использование водорослей и бактерий для получения молекулярного водорода // АЭЭ. 2007. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/biovodorod-vozmozhnoe-ispolzovanie-vodorosley-i-bakteriy-dlya-polucheniya-molekulyarnogo-vodoroda> (дата обращения: 05.03.2024).

2. Марков С.А. Водоросли: водород, биодизельное топливо, углекислый газ и очистка воды // АЭЭ. 2009. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vodorosli-vodorod-biodizelnoe-toplivo-uglekislyy-gaz-i-ochistka-vody> (дата обращения: 05.03.2024).

3. Gartner J. Algae: Power Plant of the Future? // Wired digital magazine. 2002. URL: <https://www.wired.com/2002/08/algae-power-plant-of-the-future/> (дата обращения: 05.03.2024).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ СВАРНОГО ШВА МЕДНЫХ ИЗДЕЛИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ПЛАЗМЕННО-ЖИДКОСТНОЙ СВАРКОЙ

Семенов Максим Николаевич¹, Мухаметзянов Айдар Раисович², Ахунов Денис Фирдависович³, Шайдуллин Айнура Ильгизович⁴, Гайсин Азат Фивзатович⁵

^{1,2,3,4,5}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹Филиал АО «СО ЕЭС» РДУ Татарстана, г. Казань, Россия

¹maxim.snt@inbox.ru, ²aydar-999@mail.ru, ³89274478153@mail.ru, ⁴hunter96_96@mail.ru,

⁵gaysinazat@mail.ru

В работе проведены исследования характеристик сварного шва изделий М1, полученных методом плазменно-жидкостной сварки. С помощью электронного микроскопа AURIGA CrossBeam получены СЭМ изображения сварного шва. По результатам анализа изображения сделаны выводы по нежелательным включениям в сварном шве и их размерах, однородности структуры сварного шва и свариваемых медных деталей, размерах сварного шва.

Ключевые слова: электролит, плазма, сварка, медная пластина, инертная среда.

DETERMINATION OF THE WELD STRUCTURE OF COPPER PRODUCTS OBTAINED BY PLASMA-LIQUID WELDING

Semenov Maksim N.¹, Mukhametzyanov Aidar R.², Ahunov Denis F.³, Shaidullin Ainur I.⁴, Gaysin Azat F.⁵

^{1,2,3,4,5}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹maxim.snt@inbox.ru, ²aydar-999@mail.ru, ³89274478153@mail.ru, ⁴hunter96_96@mail.ru,

⁵gaysinazat@mail.ru

The work studies the characteristics of the weld of M1 products obtained by plasma-liquid welding. Using the AURIGA CrossBeam electron microscope, SEM images of the weld were obtained. Based on the results of the image analysis, conclusions were drawn on undesirable inclusions in the weld and their sizes, the uniformity of the structure of the weld and the welded copper parts, and the size of the weld.

Keywords: electrolyte, plasma, welding, copper plate, non-inert medium.

Сварка является технологическим процессом соединения двух металлов с помощью нагрева свариваемых деталей, что приводит к получению крепкого сварного соединения. Существует множество вариантов сварки, как лазерная сварка, дуговая, плазменная, сварка давлением и др.

Благодаря своим химическим и физическим свойствам медь находит применение во многих областях промышленности [1-2]. Особенностью сварки медных изделий является высокая теплопроводность меди, приводящая к быстрому отводу тепла от сварочной зоны, что требует интенсивного процесса сварки и высоких нагревательных параметров [3].

Плазменно-жидкостная сварка представляет собой метод соединения медных изделий путем использования технологической установки, вырабатывающей постоянное напряжение до 500 В, электролита из раствора сульфата аммония $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ концентрацией 1% [4].

В результате визуального осмотра выявлено, что сварной шов имеет ровную структуры одинаковой ширины с образовавшимися каплями меди, которые возникли путем вытекания из сварочной ванны из-за действия силы тяжести (Рис. 1). Предотвратить образование капель можно, если уменьшить время сварки.

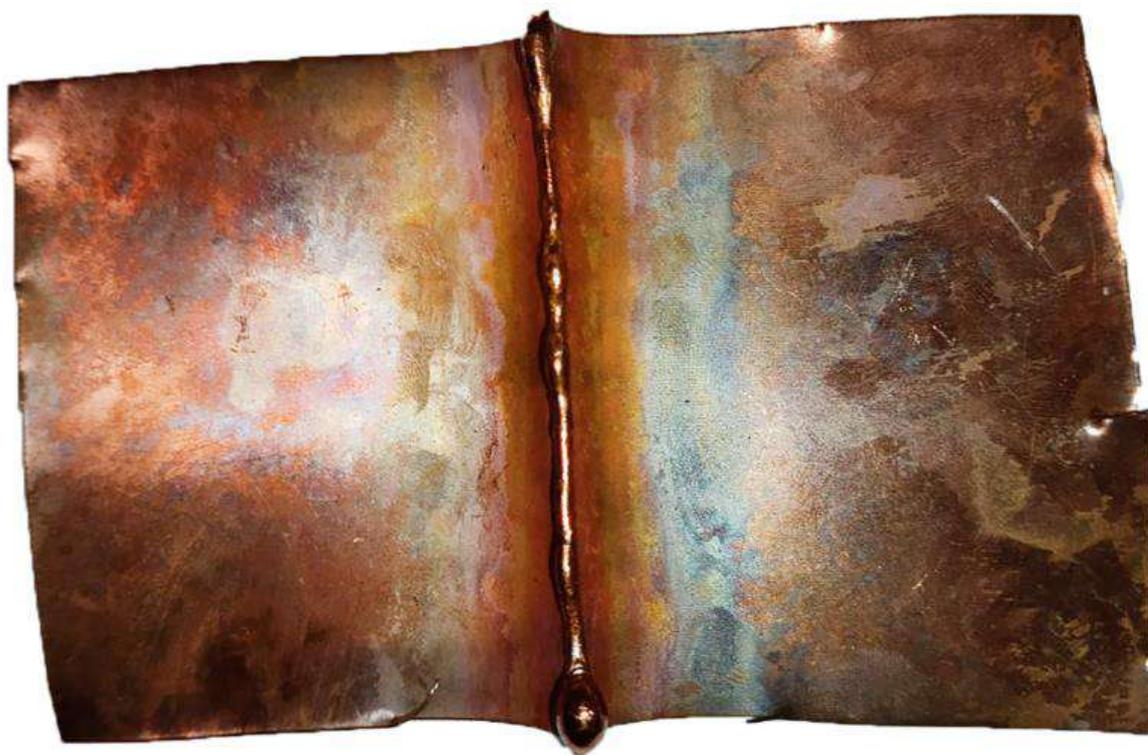


Рис. 1. Изображение сварного шва

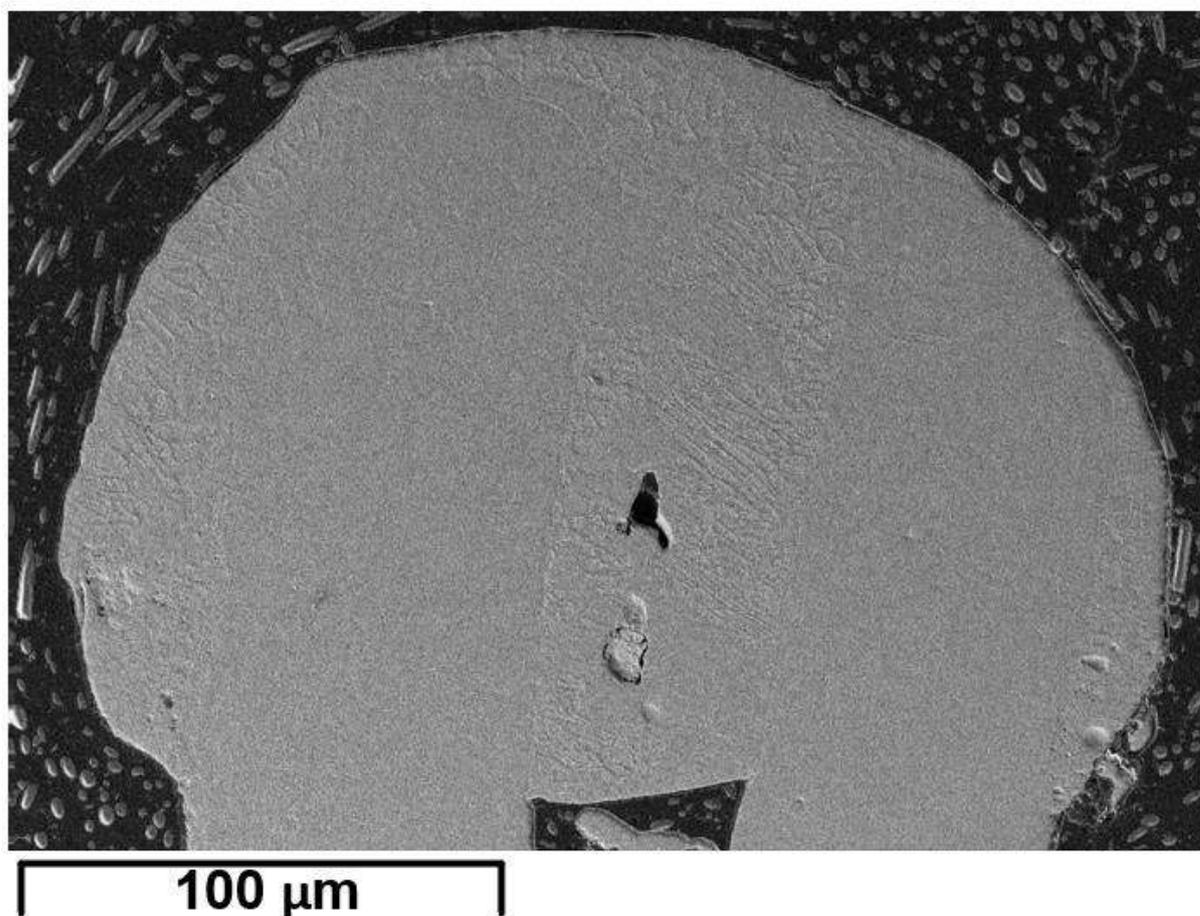


Рис. 2. Сварка деталей дюралюминия

С помощью сканирующего электронного микроскопа AURIGA CrossBeam (Carl Zeiss) с энерго-дисперсионным спектрометром Inca X-Max было сделано СЭМ изображение сварного шва медных пластин (Рис. 2). Структура сварного шва незначительно отличается от свариваемых деталей, имеет вытянутые линии. В сварном шве имеются нежелательное включение и места деформации.

Исследование сварного шва медных изделий, полученные путем плазменно-жидкостной сварки, показало высокую степень идентичности структуры сварного шва и свариваемых изделий. Имеются нежелательные включения в сварном шве, получение во время горения электрического разряда и образования сварочной ванны.

Источники

1. Современные виды сварки : учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / В. В. Овчинников. – 5-е изд., стер. – М. : Издательский центр «Академия», 2016. – 208 с.

2. D’Arcangelo, S., Caprio, L., Chesi, D. et al. Methodological comparison of laser stripping solutions with contemporary pulsed lasers for e-drive copper hairpins. *Prod. Eng. Res. Devel.* (2023). <https://doi.org/10.1007/s11740-023-01236-0>.

3. Pavlík, M., Sahul, M., Sahul, M. et al. Influence of Electron Beam Welding Parameters on the Properties of Dissimilar Copper–Stainless Steel Overlapped Joints. *J. of Materi Eng and Perform* 32, 6974–6994 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11665-022-07585-8>.

4. Плазменно-электролитные разряды в газожидкостной среде для получения водорода / А. Ф. Гайсин, Ф. М. Гайсин, Л. Н. Багаутдинова [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2021. – Т. 23, № 2. – С. 27-35.

СЕКЦИЯ 5. ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ. ЭЛЕКТРОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ И ЗАРЯДНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

УДК 629.423

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИСТЕМ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Абдуллина Аида Радиковна¹, Шайдуллин Рим Маратович²
Науч. рук. к.т.н., доцент Литвиненко Руслан Сергеевич
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан¹
ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань, Республика Татарстан²
77aida77@gmail.com¹, rim.shaidu@yandex.ru²

Данная статья рассматривает особенности проектирования систем тяговых электроприводов транспортных средств. Тяговые электроприводы являются ключевым элементом в современных электрических транспортных средствах, таких как электрические автомобили, электрические поезда и трамваи. В статье рассматриваются основные компоненты системы тягового электропривода, включая электродвигатели, инверторы, батареи и системы управления. Особое внимание уделяется выбору и оптимизации этих компонентов с целью достижения максимальной эффективности и производительности. Также в статье рассматриваются особенности проектирования системы охлаждения тяговых электроприводов, поскольку высокое тепловыделение является одной из основных проблем в электрической автомобильной технике.

Ключевые слова: электропривод, транспортные средства, электрические машины.

DESIGN FEATURES OF TRACTION ELECTRIC DRIVE SYSTEMS OF VEHICLES

Abdullina Aida R.¹, Shaidullin Rim M.²
Scientific advisor Litvinenko Ruslan S.
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan¹
KNRTU–KAI, Kazan, Republic of Tatarstan²
77aida77@gmail.com¹, rim.shaidu@yandex.ru²

This article examines the design features of traction electric drive systems of vehicles. Traction electric drives are a key element in modern electric vehicles such as electric cars,

electric trains and trams. The article discusses the main components of a traction electric drive system, including electric motors, inverters, batteries and control systems. Special attention is paid to the selection and optimization of these components in order to achieve maximum efficiency and productivity. The article also discusses the design features of the traction electric drive cooling system, since high heat dissipation is one of the main problems in electric vehicles.

Ключевые слова: electric drive, vehicles, electric machines.

В отношении электрических машин производители зачастую характеризуют их эффективность посредством параметра, известного как удельная мощность. Этот показатель отражает мощность, вырабатываемую одним килограммом веса электрической машины. Несомненно, удельная мощность является важным параметром при оценке эффективности электродвигателя, но следует помнить, что она не является единственной и главной характеристикой. В действительности, при сравнении различных электрических машин обязательно стоит обращать внимание на несколько иных факторов. Как минимум, мы можем выделить три основных параметра, которым следует уделить пристальное внимание.

Первое основное понятие, которое следует рассмотреть, это удельная мощность активных частей электродвигателя. Это значение важно для производителей, которые стремятся представить и сравнить его с уже существующим оборудованием на рынке. Однако, в зависимости от условий работы, масса внутренних несущих компонентов электродвигателя может значительно возрасти. Например, для мотор-колес, необходимо, чтобы они выдерживали определенную массу автомобиля, что приводит к увеличению веса подшипниковых щитов и требует выбора соответствующих подшипников и других компонентов. Именно поэтому максимальные показатели, которые указывают разработчики и производители электродвигателей, такие как 10 кВт/кг, следует рассматривать как показатель, который относится только к передаче вращающего момента при практически отсутствующей радиальной нагрузке [1].

Второй фактор, который необходимо учесть — это регулировка времени работы. Приведем в качестве примера автомобили Tesla Motors, которые обладают уникальным показателем удельной мощности в 4,5 кВт/кг. Однако, стоит отметить, что данный показатель относится к кратковременной работе.

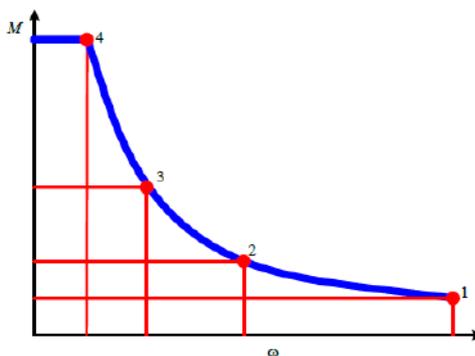
Один из важных параметров, на который следует обратить особое внимание, — это диапазон ослабления поля. На рисунке показано

семейство характеристик различных электродвигателей с одинаковой номинальной мощностью. Их можно определить по красным прямоугольникам. Тем не менее, эти характеристики отличаются по максимальной скорости и моменту. Максимальная скорость двигателя ограничена двумя ключевыми факторами: механической прочностью ротора и увеличением потерь в стали. Однако для экземпляра, обладающего максимальной скоростью (обозначенного как 1 на рисунке), момент будет минимальным. Поскольку момент пропорционален площади взаимодействия статора и ротора, объем такого экземпляра будет минимальным [2].

Увеличение момента в два раза (2 на рисунке) приводит к росту диаметра в 1,4 раза или длины конструкции в 2 раза, и, следовательно, к увеличению общей массы активных компонентов (магнитов, стали, меди и/или алюминия) в 2 раза, а также к снижению показателя мощности к массе в два раза.

При выборе характеристики необходимо учесть ограничения тяговой характеристики, связанные с максимальной скоростью справа и максимальным требуемым моментом сверху. В условиях номинального режима работы, необходимо выбрать характеристику, которая будет удовлетворять требованиям максимального момента. Одновременно, в режиме ослабления поля (или условного постоянства мощности), нужно обеспечить достижение максимальной скорости. При достижении максимальной скорости, необходимо обеспечить минимальную номинальную продолжительную мощность, достаточную для преодоления сопротивления трения на поверхности и сопротивления набегающего воздушного потока.

Увеличение мощности относительно текущего значения является важным требованием для достижения нужной динамики.



Характеристики электроприводов одинаковой мощности

При разработке двигателя для работы на уровне 4 (см. рисунок) всегда есть возможность увеличить мощность практически бесплатно с помощью изменения параметров обмоток. Если, например, усилить изоляцию электродвигателя вдвое, то аналогичный агрегат может выдать на валу примерно вдвое больше мощности, почти не увеличивая свои габариты. Однако данный подход позволяет отсрочить слабые моменты поля только при условии, что силовой преобразователь имеет установленную мощность, вдвое превышающую номинальную. Тем не менее, в случае с белаз-90 повышение максимальной скорости не приведет к улучшению динамических характеристик машины, поскольку ограниченная мощность тягового генератора не способна передать такую энергию на колеса [3].

Выбор ослабления поля при работе тяговой системы представляет собой компромисс между ее динамикой, размерами и стоимостью электродвигателя. Однако стоит отметить, что работа в режиме ослабления поля не эквивалентна работе в режиме постоянной мощности, поскольку не все электрические машины способны глубоко ослабить поле, сохраняя при этом номинальную мощность на валу. Для обеспечения постоянной мощности или преодоления сил, противодействующих движению, необходимо увеличить размеры и номинальную мощность электродвигателя. Увеличение номинальной мощности электродвигателя непременно обуславливает повышение мощности силового преобразователя.

Источники

1. Белоусов, Е. В. Тяговый электропривод электротранспортных средств / Е. В. Белоусов, М. А. Григорьев, А. А. Грызлов // Электротехника. – 2017. – № 4. – С. 2-5.
2. Энергоэффективный тяговый электропривод подвижного состава железных дорог / Т. Л. Алексеева, Н. Л. Рябченко, Л. А. Астраханцев [и др.] // Повышение эффективности эксплуатации коллекторных электромеханических преобразователей энергии: материалы IX Международной научно-технической конференции, Омск, 05–06 декабря 2013 года. – Омск: Омский государственный университет путей сообщения, 2013. – С. 277-283.
3. Асинхронный тяговый электропривод для пригородного электропоезда постоянного тока / А. С. Корнев, А. В. Ковтун, Н. В. Лысов [и др.] // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2004. – № 2. – С. 119-124.

ТЯГОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОМ СОСТАВЕ

Абдуллина Аида Радиковна¹, Шайдуллин Рим Маратович², Таниев Мирзохид
Хуррамович³

Науч. рук. к.т.н., доцент Литвиненко Руслан Сергеевич

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан¹

ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань, Республика Татарстан²

Ташкентский государственный технический университет им. Ислама Каримова,
г. Ташкент, Республика Узбекистан³

77aida77@gmail.com¹, rim.shaidu@yandex.ru², tanievmirzohid@gmail.com³

Данная статья проводит исследование и анализ тяговых преобразователей электроэнергии в электроподвижном составе. В ней рассмотрены принципы функционирования, особенности конструкции и применение этих преобразователей в различных видах транспорта. Особое внимание уделяется оценке эффективности и надежности работы таких преобразователей, а также их влиянию на энергетическую эффективность и экологическую устойчивость транспортных систем.

Ключевые слова: тяговые преобразователи, электроэнергия, электроподвижной состав, энергетическая эффективность, надежность, двигатели.

DESIGN FEATURES OF TRACTION ELECTRIC DRIVE SYSTEMS OF VEHICLES

Abdullina Aida R.¹, Shaidullin Rim M.², Taniev Mirzohid Kh.³

Scientific advisor Litvinenko Ruslan S.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan¹

KNRTU–KAI, Kazan, Republic of Tatarstan²

Tashkent state technical University Named after Islam Karimov, Tashkent, Republic of
Uzbekistan³

77aida77@gmail.com¹, rim.shaidu@yandex.ru², tanievmirzohid@gmail.com³

This article conducts research and analysis of traction electric power converters in an electric rolling stock. It discusses the principles of operation, design features and application of these converters in various modes of transport. Special attention is paid to evaluating the efficiency and reliability of such converters, as well as their impact on energy efficiency and environmental sustainability of transport systems.

Ключевые слова: traction converters, electric power, electric rolling stock, energy efficiency, reliability, engines.

Для тяговых электроприводов электроподвижного состава разных поколений - с коллекторными двигателями постоянного тока и с бесколлекторными асинхронными и синхронными электродвигателями трехфазного тока - разработаны преобразователи различных видов и типов. Электрические приводы, основанные на использовании электрической тяги, предлагают широкий выбор токовых преобразователей: от постоянности к постоянности, от переменности к постоянности, от постоянности к переменности и от переменности к переменности.

Раннее применение электромашинных преобразователей в тяговом приводе было неэффективным из-за их громоздкости, низкого КПД и высоких расходов на обслуживание. В 50-х годах прошлого столетия были использованы статические преобразователи на основе ионных приборов, таких как игнитроны и экзитроны. Однако применение ртутных преобразователей было ненадежным из-за обратных зажигания и загрязнения зоны обслуживания. В 70-х годах с появлением силовых полупроводниковых приборов (диодов и тиристоров) произошла модернизация тягового электропривода. Развитие мощных полупроводниковых приборов в 90-х годах (GTO, IGCT, IGBT) позволило достичь технического совершенства в области тяговых преобразователей электроэнергии и создания электроприводов нового поколения для подвижного состава [1].

Важнейшими категориями преобразователей, применяемых в электроподвижном составе, являются:

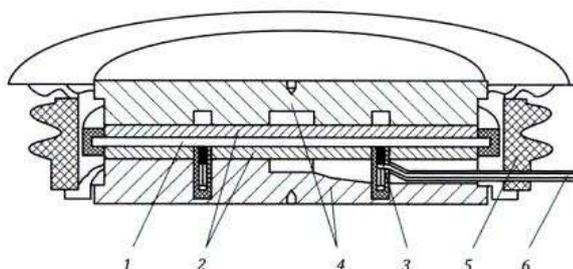
- неуправляемые однофазные выпрямители, которые включают в себя диодные и управляемые тиристорные выпрямители;
- однофазные инверторы, которые управляются сетью и интегрируют функции управляемых выпрямителей в режиме тяги и зависимых инверторов в режиме рекуперативного торможения;
- импульсные преобразователи постоянного тока;
- автономные инверторы напряжения и тока, используемые для питания бесколлекторных двигателей;
- трехфазные выпрямители, используемые в тепловозных электрических передачах.

Силовые диоды и тиристоры первого поколения были созданы в виде штыревых конструкций с односторонней системой охлаждения и контактами, объединенными пайкой. Силовые полупроводниковые приборы (СПП) имеют повышенную термоцикlostойкость благодаря замене паяных контактов на прижимные и использованию тарельчатых

пружин. Штыревые СПП могут работать с предельными токами до 500 А, ограничение составляет сложность охлаждения при одностороннем отводе тепла. Длительные исследования сформировали СПП таблеточной конструкции, которая позволяет увеличить предельные токи до 2-3 кА за счет увеличения диаметра кремниевого элемента до 80-100 мм и двустороннего отвода тепла.

Новейшие генераторы электричества для транспортных средств, такие как импульсные преобразователи, автономные инверторы и четырехквadrантные преобразователи, разработаны на основе переключения электрических цепей под воздействием напряжения с использованием специальных алгоритмов. Для реализации таких переключений необходимо использовать электронные ключи, которые могут замыкать и размыкать токовые цепи в заданные моменты времени. Обычные тиристоры могут только включаться по сигналу, и для их выключения необходимо создать определенные условия. Применение тиристоров в схемах преобразователей требует дополнительных коммутирующих устройств, что усложняет их конструкцию и увеличивает размеры и вес.

В 1959 году было изобретено новое поколение тиристоров, позволяющих включение и выключение сигналом в цепи управляющего электрода. Этот тип тиристоров считался совершенствующимся в течение двух десятилетий. Для достижения оптимальной производительности в применении технологии GCT необходимо умело контролировать ток на уровне, равном или превышающем анодный ток. При этом скорость изменения управляющего тока должна составлять от 1000 до 3000 ампер/микросекунда. В новой конструкции управляющего электрода используются специально сконструированные низкоиндуктивные концентрические выводы (см. рисунок) [2].



Конструкция запираемого тиристора в разрезе. 1-кристалл; 2-молибденовые диски; 3-кольцевой контакт электрода управления; 4-медные диски; 5-керамический корпус; 6-вывод управляющего электрода

IGBT — это биполярный транзистор с изолированным затвором, который сочетает в себе многослойную плоскую схему управления и интегрированный быстросовстнавливающийся диод. Применение дополнительного буферного слоя сократило толщину кремния на 40%, что снизило уровень потерь и повысило рабочую частоту переключений. Этот новый СПП появился на рынке силовой электроники в начале 90-х годов XX столетия. Появление данного инновационного устройства способствовало радикальным изменениям в сфере силовой электроники, что заслуживает титула второй вехи технической революции в данной научно-технической сфере. Несмотря на свою значительную стоимость по сравнению с тиристорами, продажи IGBT на международном рынке силовой электроники неуклонно растут.

Благодаря новейшей технологии "утепленного канала" удалось значительно улучшить производительность транзистора, сократив его сопротивление до $0,01 \text{ мкОм} \cdot \text{м}^2$ и достигнуть сопротивления в открытом состоянии в единицах мкОм. Благодаря этому действию удалось уменьшить потери и повысить рабочую частоту до 1 мегагерца [3].

Источники

1. Карасев, С. В. Новые производственные технологии. Развитие скоростного и высокоскоростного движения: практикум : учебное пособие / С. В. Карасев, А. Д. Калидова, Д. А. Сивицкий. — Новосибирск : СГУПС, 2023. — 60 с. — ISBN 978-5-00148-314-4.

2. К вопросу о развитии теории тягового электрооборудования городского электрического транспорта / А. Э. Аухадеев, Р. С. Литвиненко, Л. Н. Киснеева, Д. И. Тухбатуллина // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2019. – Т. 15, № 4. – С. 12-18.

3. Плеханов, П. А. Изучение технических средств обеспечения транспортной безопасности : электронный практикум : учебное пособие / П. А. Плеханов. — Санкт-Петербург : ПГУПС, 2022. — 22 с.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСРЕДСТВОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА ANSYS MAXWELL

Акмалов Фанис Илдарович

Науч. рук. к.т.н., доц. Хуснутдинов Азат Назипович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
akmalfan25@gmail.com

В данной статье рассматривается проблема выхода из строя асинхронных двигателей, которая может привести к серьезным производственным потерям. Программа Ansys Maxwell играет ключевую роль в предотвращении таких проблем, предоставляя инженерам мощные инструменты для анализа и моделирования электродвигателей. Путем анализа электромагнитных полей и характеристик двигателей, инженеры могут выявить проблемные зоны и провести оптимизацию геометрии и материалов для повышения производительности и надежности оборудования.

Ключевые слова: асинхронный электродвигатель, магнитная индукция, обмотка.

IMPROVING THE RELIABILITY OF ASYNCHRONOUS MOTORS THROUGH THE USE OF THE ANSYS MAXWELL SOFTWARE PACKAGE

Akmalov Fanis I.

Scientific advisor Khusnutdinov Azat N.
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
akmalfan25@gmail.com

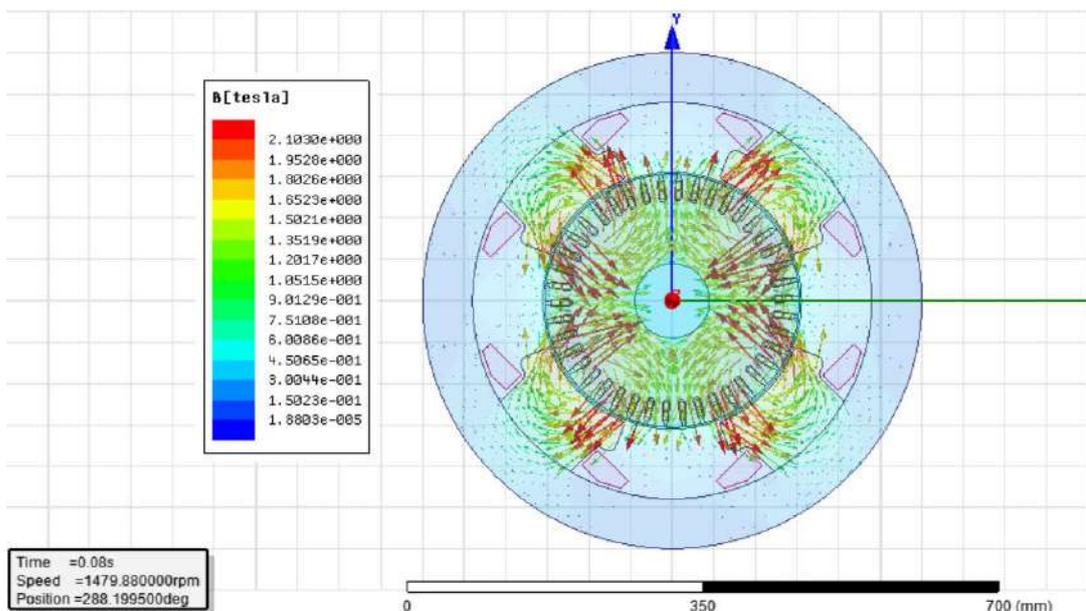
This article discusses the problem of failure of asynchronous motors, which can lead to serious production losses. The Ansys Maxwell program plays a key role in preventing such problems by providing engineers with powerful tools for analyzing and modeling electric motors. By analyzing electromagnetic fields and engine characteristics, engineers can identify problem areas and optimize geometry and materials to improve equipment performance and reliability.

Keywords: asynchronous electric motor, magnetic induction, winding.

Асинхронные двигатели часто рассматриваются как основные приводы в промышленности, поскольку они являются наиболее распространенными первичными двигателями. Тем не менее, выход из строя таких двигателей в критических ситуациях может привести к значительным производственным потерям и, в некоторых случаях, даже к несчастным случаям с летальным исходом. Неисправности асинхронных двигателей сопровождаются снижением их эффективности, что влечет за собой увеличение энергопотребления. Согласно результатам исследования, процент отказов различных компонентов асинхронных двигателей составляет: подшипники (41%), обмотки (37%), неисправности ротора (10%) и прочие (12%) [1-2].

Основная часть неисправностей связана с подшипниками и обмоткой, поэтому раннее обнаружение таких проблем имеет важное значение. Особенно серьезной считается неисправность в обмотках, так как она может привести к пробое изоляции, что в конечном итоге может привести к полному выходу из строя двигателя. Увеличение температуры на каждые 10 °С может сократить срок службы изоляции вдвое. Поэтому, если обнаружена неисправность из-за повреждения обмотки, требуется значительное время на ремонт, что приводит к увеличению времени простоя и производственных потерь. Поэтому важно проводить раннее обнаружение неисправностей обмотки [3-4].

В контексте этой проблемы, программа Ansys Maxwell играет ключевую роль в предотвращении и решении проблем, связанных с асинхронными двигателями. Этот программный пакет предоставляет мощные инструменты для моделирования и анализа электродвигателей (см. рисунок), позволяя инженерам предсказывать поведение системы в различных условиях эксплуатации. Благодаря продвинутым численным методам, основанным на методе конечных элементов, Ansys Maxwell позволяет исследовать электромагнитные поля и характеристики электродвигателей с высокой точностью [5-6].



Пример визуализации векторного распределения магнитной индукции

После анализа инженеры могут определить проблемные зоны, например, области с высокими потерями или неравномерным распределением индукции, которые приводят к снижению эффективности работы двигателя.

Используя результаты анализа электродвигателя, можно внести изменения в геометрию или материалы компонентов двигателя, чтобы улучшить его характеристики и производительность. Например, оптимизировать форму обмоток или выбрать материалы с более высокой проницаемостью для сердечника двигателя. После внесения изменений инженерами проводится новый анализ с использованием Ansys Maxwell, чтобы оценить эффективность и надежность обновленного двигателя.

Источники

1. G. Singh, T.C.A. Kumar, V. Naikan Induction motor inter turn fault detection using infrared thermographic analysis Infrared Phys. Technol., 77 (2016), pp. 277-282
2. Колесников, В. В. Моделирование характеристик и дефектов трехфазных асинхронных машин: учеб. пособие/ В.В Колесников. – М.: изд-во Лань, 2017. – 143 с.
3. Подход к определению интегрального показателя надежности технических систем на этапе разработки / Р. С. Литвиненко, А. Э.

Аухадеев, А. Н. Хуснутдинов [и др.] // Вопросы электротехнологии. – 2021. – № 1(30). – С. 52-61.

4. An Approach to Determining the Integrated Reliability of Technical Systems at the Development Stage / R. Litvinenko, A. Auhadeev, A. Khusnutdinov [et al.] // Lecture Notes in Mechanical Engineering. – 2022. – P. 83-94.

5. Диагностика трансформаторов электротехнических комплексов с использованием бесконтактных лазерных виброметров / М. Ф. Низамиев, В. Р. Басенко, И. В. Ившин [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2022. – Т. 24, № 5. – С. 97-109

6. Ахмед, М. М. М. Асинхронный двигатель / М. М. М. Ахмед, И. С. Антипанова // Математическое и экспериментальное моделирование физических процессов: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Биробиджан, 15 декабря 2022 года / Под научной редакцией В.М. Козина. – Биробиджан: Приамурский государственный университет им. Шолом-Алейхема, 2023. – С. 171-174.

УДК 621.311

ЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ НАГРУЗКОЙ НА ЭЛЕКТРОСЕТЬ ЧЕРЕЗ МНОГОМОДЕЛЬНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДЛЯ ЗАРЯДНЫХ СТАНЦИЙ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Акмалов Фанис Илдарович¹, Хуснутдинов Азат Назипович², Эргашоф Шохрухбек
Олимжон угли³

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

³Ташкентский государственный технический университет им. Ислама Каримова,
г. Ташкент, Республика Узбекистан

¹akmalfan25@gmail.com, ²khusnutdinov.an.kgeu@mail.ru

Статья рассматривает внедрение электромобилей как стратегию для уменьшения выбросов парниковых газов, однако, переход к ним сопровождается вызовами, такими как влияние на электросеть и необходимость точного прогнозирования нагрузки. Для решения этой проблемы предлагается метод ультракороткосрочного прогнозирования нагрузки электромобилей, который основан на комбинировании различных моделей машинного обучения, таких как регрессия с частичными наименьшими квадратами и машина повышения градиента света.

Ключевые слова: электромобиль, зарядные станции, регрессия с частичными наименьшими квадратами, машина повышения градиента света.

EFFICIENT MANAGEMENT OF THE LOAD ON THE POWER GRID THROUGH MULTI-MODEL FORECASTING FOR ELECTRIC VEHICLE CHARGING STATIONS

Akmalov Fanis I.¹, Khusnutdinov Azat N.², Ergashof Shokhrukhbek O.³

^{1,2} KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

³Tashkent State Technical University named after. Islam Karimov, Tashkent, Republic of Uzbekistan

¹akmalfan25@gmail.com, ²khusnutdinov.an.kgeu@mail.ru

The article considers the introduction of electric vehicles as a strategy to reduce greenhouse gas emissions, however, the transition to them is accompanied by challenges such as the impact on the power grid and the need for accurate load forecasting. To solve this problem, an ultra-short-term load forecasting method for electric vehicles is proposed, which is based on a combination of various machine learning models such as partial least squares regression and a light gradient enhancement machine.

Keywords: electric vehicle, charging stations, regression with partial least squares, light gradient enhancement machine.

Одним из ключевых факторов сокращения выбросов парниковых газов является переход к экологически чистым транспортным средствам. В этом отношении электромобили представляют собой одно из наиболее перспективных решений. Исследования, проведенные в различных странах, показали, что электромобили способны существенно снижать выбросы парниковых газов по сравнению с автомобилями с двигателями внутреннего сгорания [1].

Однако, переход к электромобилям также вносит свои вызовы. Один из них — это влияние на электросеть. Зарядка электромобилей требует больше времени по сравнению с заправкой автомобилей с бензиновыми двигателями. Это может стать проблемой, особенно в периоды пиковой нагрузки на электросеть [2]. Более того, с развитием технологий и расширением ассортимента электромобилей, ожидается, что крупные транспортные средства также будут переходить на электрический привод [3]. Это создаст дополнительную нагрузку на электросеть, которая должна быть учтена при планировании и разработке инфраструктуры зарядных станций.

Для эффективного управления этой нагрузкой требуются точные модели прогнозирования. Однако, прогнозирование нагрузки зарядки электромобилей представляет сложную задачу из-за множества факторов, влияющих на процесс зарядки. Они включают в себя структуру дорожной сети, состояние дорожного движения, распределение зарядных устройств, маршрут движения, пункт назначения, начальное состояние зарядки, психологию пользователя и другие [4].

Для решения этой проблемы был предложен метод ультракороткосрочного прогнозирования нагрузки электромобилей на основе многомодельного слияния. Этот метод включает в себя использование различных алгоритмов машинного обучения, таких как регрессия с частичными наименьшими квадратами и машина повышения градиента света, для извлечения атрибутов из последовательности нагрузок и построения модели слияния.

Регрессия с частичными наименьшими квадратами (PLSR) — это статистический метод, используемый для анализа взаимосвязи между набором независимых переменных и зависимой переменной. PLSR применяется в задачах прогнозирования, когда имеется множество переменных и небольшое количество наблюдений, что является типичной ситуацией при прогнозировании нагрузки электромобилей.

Машина повышения градиента света (LightGBM) — это алгоритм машинного обучения, основанный на градиентном бустинге. Он работает путем построения ансамбля слабых моделей обучения (например, деревьев решений), каждая из которых исправляет ошибки предыдущих моделей. LightGBM эффективен при работе с большими наборами данных и может обеспечить высокую точность прогнозирования нагрузки электромобилей.

Таким образом, для успешной интеграции электромобилей в городскую инфраструктуру необходимо разработать эффективные методы управления и прогнозирования нагрузки на электросеть [5, 6]. Использование многомодельного слияния и оптимального планирования зарядки может помочь в решении этих проблем и обеспечить эффективное функционирование, как транспортной системы, так и электроэнергетики в целом.

Источники

1. Горбунова А.Д., Анисимов И.А. Анализ научных подходов к обоснованию расположения зарядной инфраструктуры для электромобилей // Прогрессивные технологии и процессы: сборник

научных статей 6-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2019. С. 66-68.

2. Feng J. et al. Load forecasting of electric vehicle charging station based on grey theory and neural network //Energy Reports. – 2021. – V. 7. – P. 487-492.

3. Подход к определению интегрального показателя надежности технических систем на этапе разработки / Р. С. Литвиненко, А. Э. Аухадеев, А. Н. Хуснутдинов [и др.] // Вопросы электротехнологии. – 2021. – № 1(30). – С. 52-61.

4. An Approach to Determining the Integrated Reliability of Technical Systems at the Development Stage / R. Litvinenko, A. Auhadeev, A. Khusnutdinov [et al.] // Lecture Notes in Mechanical Engineering. – 2022. – P. 83-94.

5. Yin W., Ji J. Research on EV charging load forecasting and orderly charging scheduling based on model fusion //Energy. – 2024. – V. 290. – P. 130126.

6. Das H. S. et al. Electric vehicles standards, charging infrastructure, and impact on grid integration: A technological review //Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2020. – Т. 120. – P. 109618.

УДК 681.513.3

ИССЛЕДОВАНИЕ СЛЕДЯЩЕГО ПОЗИЦИОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С АСТАТИЗМОМ ПЕРВОГО ПОРЯДКА

Антипанов Александр Михайлович¹, Уткин Ленар Олегович²

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Бугаков Валерий Михайлович

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

¹antipanov558@gmail.com, ²lenar_1101@mail.ru

В статье рассмотрены вопросы разработки следящего позиционного электропривода с астатизмом первого порядка, исследованы его ошибки при различных видах задающих и возмущающих воздействий.

Ключевые слова: задающее воздействие, возмущающее воздействие, следящий позиционный электропривод, электродвигатель постоянного тока, регулятор.

INVESTIGATION OF A TRACKING POSITIONAL ELECTRIC DRIVE WITH ASTATISM OF THE FIRST ORDER

Antipanov Alexandr M.¹, Utkin Lenar O.²

Scientific advisor Butakov Valeriy M.

^{1,2} KSPEU, Kazan, Russia

¹antipanov558@gmail.com, ²lenar_1101@mail.ru

The article considers the issues of developing a tracking positional electric drive with first-order astatism, and examines its errors under various types of setting and disturbing influences.

Keywords: setting effect, disturbing effect, tracking positional electric drive, DC electric motor, regulator.

Электропривод должен обеспечить угловую скорость нагрузки $\Omega_H = 50$ град/с; угловое ускорение нагрузки $\varepsilon_H = 10$ град/с²; ошибку по скорости $\Delta\alpha_{ск} \leq 20''$; ошибку по ускорению $\Delta\alpha_{уск} \leq 35''$; показатель колебательности $M = 1,1$.

Для решения поставленной задачи необходимо определить коэффициент передачи по скорости K_Ω , коэффициент передачи по ускорению K_ε , значение базовой частоты ω_0 и рассчитать постоянные времени $T_{2ж}$ и $T_{3ж}$ [1].

$$K_\Omega = \sqrt{2} \frac{\Omega_H}{\Delta\alpha_{ск}} = \sqrt{2} \frac{50 \cdot 60}{20} = 212,132 \text{ с}^{-1}.$$

$$K_\varepsilon = \sqrt{2} \frac{\varepsilon_H}{\Delta\alpha_{уск}} = \sqrt{2} \frac{10 \cdot 60}{35} = 24,2437 \text{ с}^{-2}.$$

$$\omega_0 = \sqrt{K_\varepsilon} = \sqrt{24,2437} = 4,9238 \text{ с}^{-1}.$$

$$T_{2ж} = \frac{1}{\omega_0} \cdot \sqrt{\frac{M}{M-1}} = \frac{1}{4,9238} \cdot \sqrt{\frac{1,1}{1,1-1}} = 0,6736 \text{ с};$$

$$T_{3ж} = \frac{\sqrt{M(M-1)}}{\omega_0(M+1)} = \frac{\sqrt{1,1(1,1-1)}}{4,9238(1,1+1)} = 0,0321 \text{ с}.$$

Протяжённость среднечастотного участка желаемой ЛАХ

$$h = \frac{M + 1}{M - 1} = \frac{1,1 + 1}{1,1 - 1} = 21.$$

Частота, соответствующая максимальному запасу по фазе

$$\omega_M = \frac{1}{T_{3ж} \cdot \sqrt{h}} = \frac{1}{0,0321 \cdot \sqrt{21}} = 6,7981 \text{ с}^{-1}.$$

$$T_{1ж} \gg 1/\omega_M = 1/6,7981 = 0,1471 \text{ с}.$$

Принимаем $T_{1ж} = 2 \text{ с}$.

Желаемая ЛАЧХ электропривода с астатизмом первого порядка

$$W_{ж}(s) = \frac{K_{\Omega}(T_{2ж}s + 1)}{s(T_{1ж}s + 1)(T_{3ж}s + 1)} = \frac{212,132(0,6736s + 1)}{s(2s + 1)(0,0321s + 1)}.$$

ЛАЧХ регулятора положения показана на рис.1. Низкочастотный участок ЛАЧХ РП проходит параллельно оси частот, постепенно изменяя наклон к среднечастотному участку в пределах от 0 до -20 дБ/дек и далее к 0 дБ/дек.

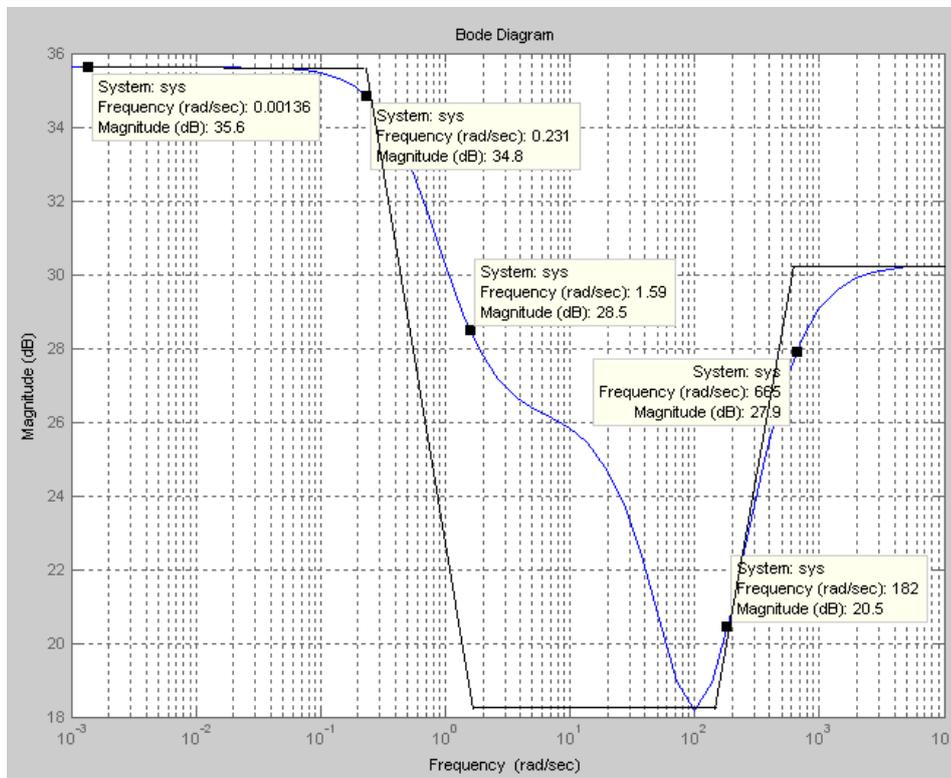


Рис. 1. ЛАЧХ регулятора положения

Высокочастотный участок ЛАЧХ с увеличением частоты изменяет свой наклон также в пределах от 20 до 0 дБ/дек. ЛАЧХ можно представить пятью асимптотами и придать регулятору положения свойства интегро-дифференцирующего регулятора.

Рассчитаем параметры передаточной функции. Из графика рис. 1 имеем $20 \lg(K_{\text{рп}}) = 35,6$ дБ, откуда $K_{\text{рп}} = 60,256$. Частоты сопряжения $\omega_1 = 0,231 \text{ с}^{-1}$; $\omega_2 = 1,59 \text{ с}^{-1}$; $\omega_3 = 182 \text{ с}^{-1}$; $\omega_4 = 665 \text{ с}^{-1}$ и постоянные времени

$$T_1 = \frac{1}{\omega_1} = \frac{1}{0,231} = 4,329 \text{ с};$$

$$T_2 = \frac{1}{\omega_2} = \frac{1}{1,59} = 0,6289 \text{ с};$$

$$T_3 = \frac{1}{\omega_3} = \frac{1}{182} = 0,0055 \text{ с};$$

$$T_4 = \frac{1}{\omega_4} = \frac{1}{665} = 0,0015 \text{ с}.$$

С учётом полученных значений передаточная функция синтезированного регулятора положения принимает вид

$$W_{\text{рп}}(s) = \frac{K_{\text{рп}}(T_2s + 1)(T_3s + 1)}{(T_1s + 1)(T_4s + 1)} = \frac{60,256(0,6289s + 1)(0,0055s + 1)}{(4,329s + 1)(0,0015s + 1)}.$$

ССДМ электропривода показана на рис. 2.

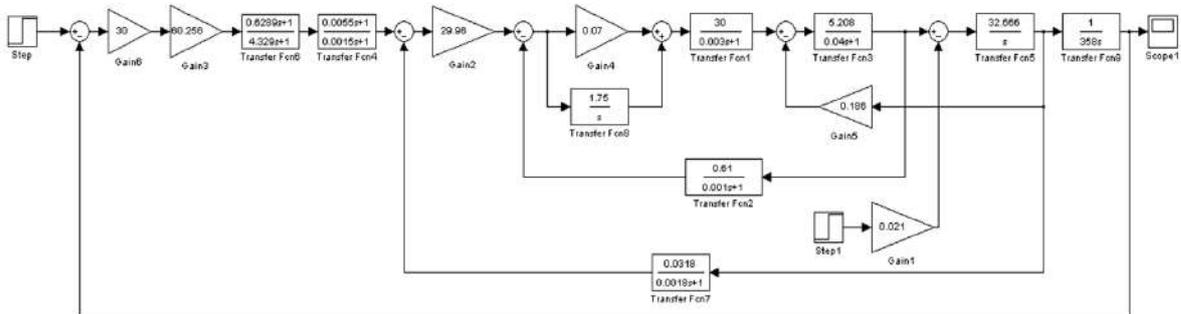


Рис. 2. Структурная схема динамической модели электропривода с ИД-регулятором

Анализ графиков ошибок системы по задающему воздействию показывает, что следящий позиционный ЭП отрабатывает ступенчатое

воздействие α_3 примерно за 2 с с перерегулированием $\sigma = 3,3\%$ и числом колебаний $N < 1$, что соответствует заданному показателю колебательности. Поскольку система включает интегрирующее звено на выходе, то очевидно, что статическая ошибка будет равна нулю. Ошибка по скорости $\Delta\alpha_{ск}$ составляет 14,2 мин.

Влияние постоянного возмущающего воздействия сказывается на динамической точности ЭП, а моментная составляющая ошибки $\Delta\alpha_{уст}^M$ составляет 0,0171 мин по истечении 4с.

Источники

1. Бутаков В.М., Баязитов В.О., Дудкин И.М. Расчет характеристик электроприводов // Актуальные вопросы технических наук в современных условиях, / Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 4. г. Санкт-Петербург, 2017. с. 94-98.

УДК 621.332.21

РЕГУЛЯТОРЫ СКОРОСТНОГО СЛЕДЯЩЕГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА

Антипанов Александр Михайлович¹, Хаев Ильсаф Ильдусович²

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Бутаков Валерий Михайлович

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

¹antipanov558@gmail.com, ²xaev96@mail.com

В статье рассмотрены вопросы оценки устойчивости и качества скоростного следящего электропривода постоянного тока. Исследовано влияние пропорциональных, интегральных и пропорционально-интегральных регуляторов на его устойчивость, динамические характеристики и точность в установившемся режиме.

Ключевые слова: следящий электрический привод постоянного тока, электродвигатель, регулятор, устойчивость, быстродействие, точность.

INVESTIGATION OF STABILITY AND QUALITY OF A HIGH-SPEED TRACKING DC ELECTRIC DRIVE

Antipanov Alexandr M.¹, Khaev IIsaf I.²

Scientific advisor Butakov Valeriy M.

^{1,2} KSPEU, Kazan, Russia

¹antipanov558@gmail.com, ²xaev96@mail.com

The article considers the issues of assessing the stability and quality of a high-speed direct current tracking electric drive. The influence of proportional, integral and proportional-integral regulators on its stability, dynamic characteristics and accuracy in steady-state mode is investigated.

Keywords: direct current tracking electric drive, electric motor, regulator, stability, speed, accuracy.

Следящие электроприводы [1] широко используются для автоматизации процессов управления во многих технических устройствах: в станках, различных роботах и манипуляторах, применяемых в медицинских аппаратах и других технических объектах, различных видах вооружения и военной техники. В обратной связи скоростного и позиционного следящего электропривода (ССЭП) имеется, соответственно, датчик скорости и датчик положения, поэтому система является замкнутой, управляющей угловой скоростью или положением объекта регулирования. При этом регулируемая величина должна с заданной точностью воспроизводить требуемое задающее воздействие. На рис. 1 представлена структурная схема ССЭП.

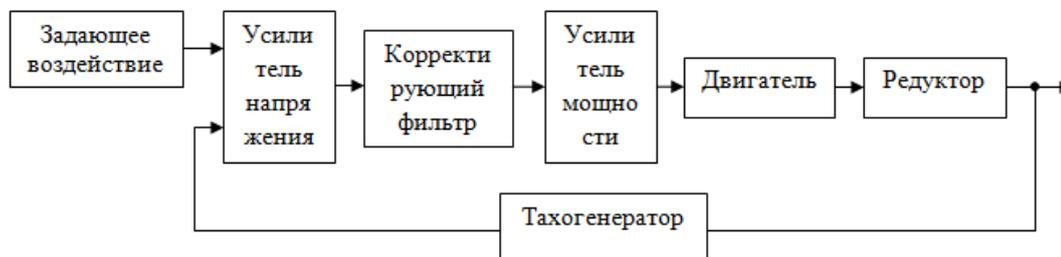


Рис.1. Структурная схема ССЭП

ССЭП состоит из усилительного и корректирующего устройств, усилителя мощности, двигателя, редуктора и тахогенератора в качестве датчика скорости [2, 3].

При разработке ССЭП важно не только правильно выбрать элементы силовой части электропривода (усилитель напряжения, усилитель мощности, исполнительный электродвигатель и редуктор), но и за счет соответствующей коррекции (корректирующий фильтр) обеспечить устойчивость и требуемые показатели качества переходного процесса, а также точность в установившемся режиме.

Структурная схема динамической модели двухконтурного ССЭП с регуляторами в числовом виде представлена на рис. 2.

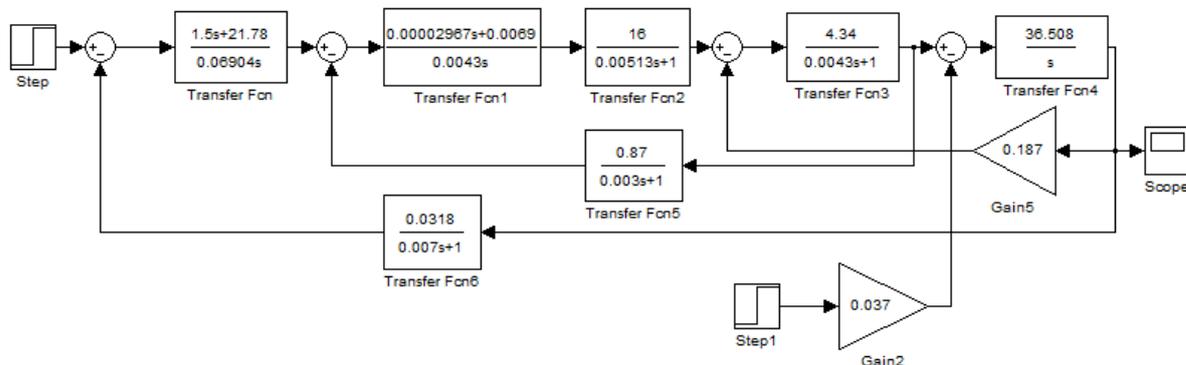


Рис.2. Модель ССЭП

Данная работа посвящена исследованию влияния различных корректирующих устройств ССЭП, исполнительным устройством которого является двигатель постоянного тока с якорным управлением, на его устойчивость, динамические характеристики и точность в установившемся режиме.

Моделирование проводилось для различных видов регуляторов (пропорциональных, интегральных и пропорционально-интегральных) при различных видах типовых задающих и возмущающих воздействий (постоянных, линейно возрастающих и квадратично возрастающих).

На основе анализа соответствующих графиков переходных характеристик ССЭП и логарифмических частотных характеристик сделаны выводы о возможности использования их с различными видами регуляторов при разнообразных задающих и возмущающих воздействиях. Повышение коэффициента передачи и порядка астатизма ССЭП приводит к уменьшению установившихся ошибок, однако ухудшает устойчивость и показатели качества переходного процесса.

Источники

1. Следящие приводы. В 3 т. под ред. Б.К. Чемоданова.- т. 1, 2: Электрические следящие приводы. - М., Изд-во МГТУ им. Баумана, 2003.
2. Бутаков В.М., Гаязов Р.Р., Самигуллин Р.Р. Применение стандартных настроек в электроприводе постоянного тока // Технические науки: от вопросов к решениям. / Сборник научных трудов по итогам

международной научно-практической конференции. № 3. г. Томск, 2018. с. 35-39.

3. А.В. Росляков. Исследование ошибок электропривода постоянного тока с системой стабилизации скорости. Международная молодежная научная конференция «Тинчуринские чтения – 2022 «Энергетика и цифровая трансформация»: электронный сборник статей по материалам конференции: [в 3 томах] / под общей редакцией ректора КГЭУ Э. Ю. Абдуллазянова. – Казань: КГЭУ, 2022. – Т. 1. –с. 356-358.

УДК 656.13

О ПРОБЛЕМЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ НА ЭКОЛОГИЮ: ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

Ахмедова Элиза Ровшановна¹, Репин Георгий Игоревич²

Науч. рук. ст. пр. Антипанова Ирина Сергеевна

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹eliza_black02@mail.ru, ²repinjora@yandex.ru

В статье рассматривается проблема влияния электромобилей на экологию. Изучаются экологические преимущества использования электромобилей, такие как снижение выбросов парниковых газов и вредных веществ, улучшение качества воздуха в городах, сокращение зависимости от нефтепродуктов. Также целью данной статьи обсуждение возможного влияние процесса производства батарей на окружающую среду.

Ключевые слова: электрический транспорт, выбросы парниковых газов, климат.

ABOUT THE PROBLEM OF THE IMPACT OF ELECTRIC VEHICLES ON THE ENVIRONMENT: ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

Akhmedova Eliza R. ¹, Repin Georgy I. ²

Scientific advisor Antipanova Irina S.

^{1,2} KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

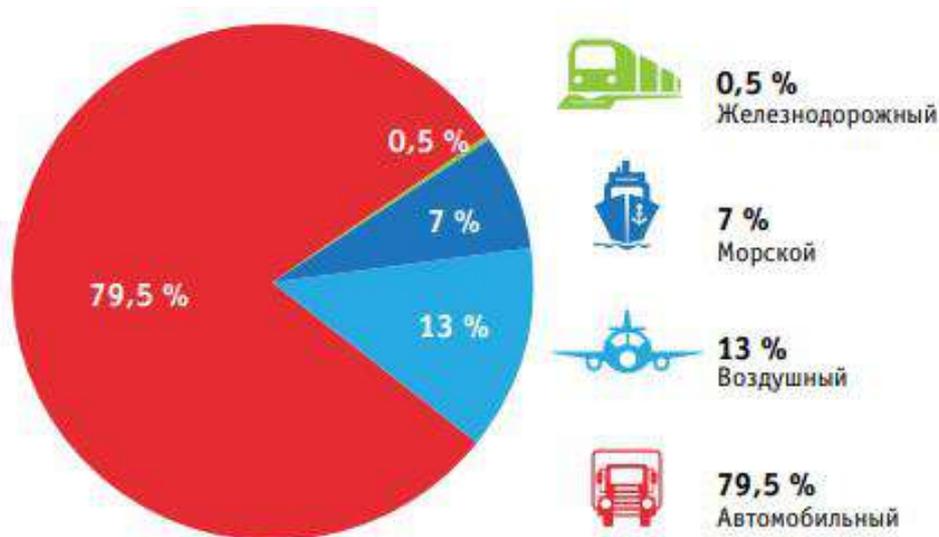
¹eliza_black02@mail.ru, ²repinjora@yandex.ru

The article deals with the problem of the impact of electric vehicles on the environment. The environmental benefits of using electric vehicles are being studied, such as reducing emissions of greenhouse gases and harmful substances, improving air quality in

cities, and reducing dependence on petroleum products. The purpose of this article is also to discuss the possible impact of the battery production process on the environment.

Keywords: electric transport, greenhouse gas emissions, climate.

Продажи электромобилей стремительно растут по всему миру. За последние десять лет электромобили стали важным инструментом в борьбе с выбросами, связанными с транспортом, и изменением климата. Многие производители автомобилей также обязались полностью перейти на электромобили в ближайшие пять-десять лет. В отличие от традиционных автомобилей, работающих на бензине или дизеле, электромобили не выбрасывают вредные газы, такие как углекислый газ, оксиды азота и токсичные вещества, которые загрязняют воздух показано на рисунке 1 [1]. Электромобили работают на электричестве, которое можно получить из возобновляемых источников энергии, таких как солнечная и ветровая энергия. Если говорить о проблемах в городах то можно выделить проблему возрастания среднего шума, производимым транспортом [2]. Транспортный шум растет из-за увеличения интенсивности движения, на самом деле, если сравнивать электрические, гибридные и газовые автомобили, электромобили тише, чем традиционные автомобили с двигателем внутреннего сгорания (ДВС).



Доля выбросов парниковых газов различными видами транспорта

Электромобили требуют меньшего обслуживания, чем традиционные автомобили, поскольку у них меньше движущихся частей, нет генераторов переменного тока и требуется менее частое

обслуживание. Со временем это может привести к значительной экономии, так как вам не нужно платить за регулярную замену масла или другие услуги. Кроме того, электромобили также имеют более простую трансмиссию что снижает число ее отказов, по сравнению с традиционными автомобилями с ДВС. Снижение потребности в техническом обслуживании электромобилей приводит к экологическим преимуществам за счет уменьшения количества отходов и загрязнений, возникающих в результате ремонта и технического обслуживания автомобилей. Меньшее количество движущихся частей означает меньший риск износа, который приводит к проблемам, требующим обслуживания [3]. Исследования показывают, что большое количество узлов и агрегатов классического автомобиля с ДВС при их поломке оказываются на свалке или (при правильной утилизации) в центре переработки, создавая загрязнение от жидкостей, таких как масло, отходы, и общее воздействие на окружающую среду. Упростив обслуживание электромобилей, можно продлить их срок службы и сократить количество отходов, принося пользу экологии и планете.

Один из главных аспектов вреда электромобилей для экологии - это источник производства энергии, необходимой для их работы. В большинстве стран мире электричество в основном производится с использованием ископаемых видов топлива, таких как уголь или газ. Это означает, что производство электроэнергии может вызывать выбросы парниковых газов и других загрязняющих веществ, что имеет негативное воздействие на окружающую среду. Еще одним аспектом вреда электромобилей является процесс добычи и переработки материалов, необходимых для производства литий-ионных аккумуляторов, которые являются основным источником энергии для электромобилей. Добыча лития и других редких металлов часто связана с разрушением экосистем и загрязнением окружающей среды. Кроме того, проблемой является утилизация и переработка отработанных батарей электромобилей. Литий-ионные аккумуляторы содержат вредные химические элементы, которые могут привести к загрязнению почвы и водных ресурсов, если не утилизировать правильно. Также стоит отметить, что существует необходимость строительства инфраструктуры для зарядки электромобилей, что влечет за собой затраты ресурсов и потенциальное воздействие на природные экосистемы.

Источники

1. Шишкина А.А. Выхлопные газы и их влияние на здоровье человека // Образование и наука в России и за рубежом. 2019. № 2(50). С. 448-451.
2. Рагимов Э.А. Экологические особенности транспорта // Теоретическая и прикладная наука. 2019. № 07.
3. Ютт В.Е., Строганов В.И. Электромобили и автомобили с комбинированной энергоустановкой. Расчет скоростных характеристик: учеб. пособие. М.: МАДИ, 2016. 108 с.

УДК 681.5

О КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ В МИРЕ БЕСПИЛОТНОГО ТРАНСПОРТА

Ахмедова Элиза Ровшановна ¹, Репин Георгий Игоревич ²

Науч. рук. доцент Аухадеев Авер Эрикович

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹eliza_black02@mail.ru, ²repinjora@yandex.ru

В статье рассматривается проблема кибербезопасности беспилотного транспорта. Изучаются основные угрозы, связанные с возможными кибератаками на системы управления, взломом систем безопасности и утечкой данных. Также целью данной статьи обсуждение основных способов, которыми обычно защищаются беспилотные автомобили от кибератак.

Ключевые слова: кибербезопасность, кибератака, автомобиль, беспилотный автомобиль, безопасность.

ABOUT CYBERSECURITY IN THE WORLD OF UNMANNED VEHICLES

Akhmedova Eliza R. ¹, Repin Georgy I. ²

Scientific advisor Auhadeev Aver E.

^{1,2} KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹eliza_black02@mail.ru, ²repinjora@yandex.ru

The article deals with the problem of cybersecurity of unmanned vehicles. The main threats related to possible cyber attacks on management systems, hacking of security systems

and data leakage are being studied. The purpose of this article is also to discuss the main ways in which self-driving cars are usually protected from cyber attacks.

Keywords: cybersecurity, cyberattack, car, unmanned vehicle, security.

Беспилотный автомобиль, также известный как автомобиль с автопилотом или самоуправляемый автомобиль, представляет собой транспортное средство, способное перемещаться без участия человека за рулем. Эти технологически продвинутые автомобили оснащены различными сенсорами, камерами, лидарами, радарами и компьютерами, которые позволяют им распознавать окружающую среду, принимать решения и управлять движением без вмешательства человека изображённые на рисунке. Эти инновационные транспортные средства предоставляют огромные преимущества в эффективности, безопасности и удобстве перемещения.

Однако с развитием беспилотного транспорта возникают и новые угрозы, связанные с кибербезопасностью. Защита беспилотного транспорта от кибератак представляет собой сложную задачу, требующую использования технических, организационных и правовых мер. Эта проблема представляет собой серьёзную угрозу для безопасности как самих автомобилей, так и окружающих. Возможность хакерских атак на системы управления, датчики и коммуникационные каналы создает потенциальную опасность для жизни и безопасности людей, находящихся на дороге.



Устройства и датчики в беспилотном автомобиле

Одним из самых серьёзных видов атак является взлом систем управления беспилотным автомобилем. Злоумышленники могут попытаться взять под контроль системы управления, чтобы изменить маршрут, скорость или даже повлечь за собой аварийную ситуацию. Хакеры могут попытаться взломать датчики и камеры, которые используются беспилотными автомобилями для восприятия окружающей среды. Это может привести к искажению или блокированию информации о дорожной обстановке, что создаст риск для безопасности движения. Коммуникационные каналы, используемые для обмена данными между беспилотными автомобилями и другими устройствами (например, серверами), могут быть подвержены атакам, что может привести к перехвату или изменению передаваемой информации. Сбор и обработка больших объемов данных о перемещениях и поведении пассажиров в беспилотных автомобилях создают новые риски для конфиденциальности личной информации. Кибератака может привести к утечке личных данных о пользователях. Например, хакеры внедряют вредоносное ПО в беспилотные машины, принадлежащие прокатной компании [1]. Это ПО заражает другие корпоративные системы, что приводит к потере информации о клиентских платёжных данных, и совершению мошеннических операций.

Для решения проблемы кибербезопасности беспилотных автомобилей необходимо принятие комплексных мер, рассматривая основные способы, которыми защищаются беспилотные автомобили, можно выделить шифрование данных. Все данные, передаваемые между компонентами беспилотного автомобиля, должны быть зашифрованы, чтобы предотвратить их перехват и несанкционированное использование. Это включает в себя данные, передаваемые от датчиков к системам управления, а также команды, передаваемые между системами автоматизированного управления [2]. Также беспилотные автомобили должны иметь системы безопасности на нескольких уровнях, включая защиту на уровне программного обеспечения, аппаратного обеспечения и человеческого фактора. Это может включать в себя использование брандмауэров, антивирусных программ, систем обнаружения вторжений и механизмов аутентификации, каждое устройство в сети должно быть идентифицировано и пройти процедуру аутентификации, чтобы исключить возможность подключения несанкционированных устройств. Регулярные аудиты безопасности и обновления программного обеспечения являются необходимыми для обеспечения актуальной защиты от новых угроз. Обновления могут включать в себя исправления уязвимостей и внедрение

новых мер безопасности. Мониторинг и обнаружение атак, должна быть настроена, она будет отслеживать подозрительную активность и предупреждать о возможных кибератаках. Важной частью основного способа защиты является развитие правовой и нормативной базы, это включает в себя установление стандартов безопасности, а также разработка законов и политик в области кибербезопасности.

Безопасность от кибератак беспилотных автомобилей, зависит от многих факторов и мер. Но только так можно гарантировать надежность и безопасность будущему транспортной индустрии.

Источники

1. Взлом беспилотного транспорта: кто понесет ответственность [Электронный ресурс]. <https://habr.com/ru/companies/itelma/articles/496776>

2. Беспилотный автомобиль [Электронный ресурс]. https://ru.wikipedia.org/wiki/Беспилотный_автомобиль
УДК 681.513.3

РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖАНИЯ ЗАДАННОЙ СКОРОСТИ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ

Ахметов Рамиль Рустамович¹, Валиуллов Эмиль Фарисович²

Науч. рук. доц. к.т.н, Бутаков Валерий Михайлович

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹ akhmetow0w@gmail.com, ² emil.valiullov25@gmail.com

В статье рассмотрены вопросы разработки функциональной схемы системы поддержания заданной скорости модели электромобиля.

Ключевые слова: задающее воздействие, блок управления, электродвигатель постоянного тока, модель электромобиля.

DEVELOPMENT OF THE FUNCTIONAL SCHEME OF THE SYSTEM FOR MAINTAINING A GIVEN SPEED OF AN ELECTRIC VEHICLE MODEL

Akhmetov Ramil R. ¹, Valiullov Emil F. ²

Scientific advisor Butakov Valeriy M.

^{1,2} KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹ akhmetow0w@gmail.com, ² emil.valiullov25@gmail.com

The article discusses the issues of developing a functional scheme of a system for maintaining a given speed of an electric vehicle model

Keywords: driving force, control unit, DC electric motor, electric vehicle model.

В настоящее время во многих транспортных средствах (автомобилях, электромобилях) применяются системы поддержания заданной скорости движения (круиз-контроль). Задача такой системы состоит в поддержании заранее заданной водителем скорости движения транспортного средства. В работе рассматривается разработка системы поддержания заданной скорости движения на примере модели электромобиля [1].

Вариант структурной схемы электропривода электромобиля, содержащей блок, формирующий задающее воздействие, блок управления, электродвигатель и электромобиль, показан на рис.1.



Рис.1. Структурная схема электропривода электромобиля

Для стабилизации скорости предлагается выполнить структурную схему электропривода электромобиля замкнутой по скорости (рис.2).

В ее состав дополнительно входит датчик скорости, преобразующий скорость движения электромобиля в электрический сигнал, и вычитающее устройство, формирующее сигнал отклонения в виде разности задающего воздействия и сигнала с датчика скорости [2,3].

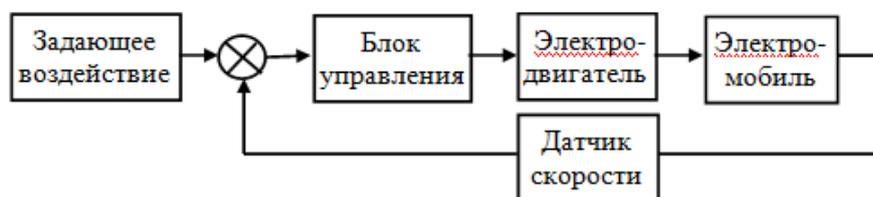


Рис. 2. Структурная схема электропривода электромобиля с системой стабилизации скорости

Функциональная схема разработана с учетом структурной схемы и дополнительно содержит блок памяти, необходимый для запоминания текущего значения скорости движения.

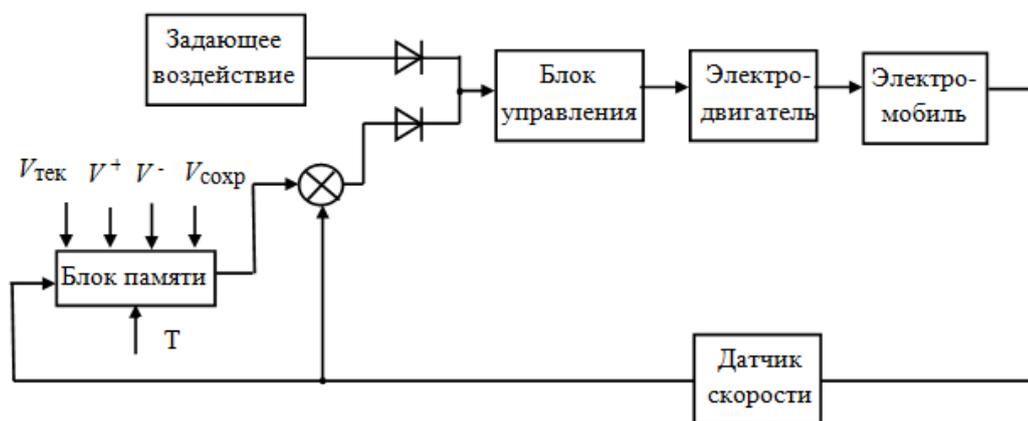


Рис.3. Функциональная схема системы поддержания заданной скорости модели электромобиля

В ее состав входит блок памяти, осуществляющий запоминание текущего значения скорости $V_{\text{тек}}$. Кроме этого, блок памяти позволяет ступенчато увеличивать V^+ или уменьшать V^- сохраненное значение скорости.

При включении системы поддержания заданной скорости электромобиля образуется замкнутый контур автоматического управления, в котором задающим воздействием является сохраненное в блоке памяти значение скорости электромобиля. Поэтому электромобиль будет двигаться со скоростью, равной сохраненному значению в блоке памяти.

При нажатии водителем на педаль тормоза T электромобиль начинает останавливаться, поскольку на вычитающее устройство поступает сигнал нулевого уровня, а не сохраненное значение скорости. Продолжать движение можно только при нажатии водителем педали акселератора, формирующем задающее воздействие в «ручном режиме».

Возобновление работы замкнутого контура автоматического управления возможно путем активации входа $V_{\text{сохр}}$. При этом электромобиль будет двигаться с скоростью, сохраненной в блоке памяти $V_{\text{сохр}}$. При активации входа $V_{\text{тек}}$ электромобиль продолжит движение в соответствии с новым значением текущей скорости $V_{\text{тек}}$.

Источники

1. Кудинов Ю. И. Теория автоматического управления (с использованием MATLAB — SIMULINK) : учебное пособие для вузов / Ю. И. Кудинов, Ф. Ф. Пашенко. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 308 с. — ISBN 978-5-8114-5520-1. — Текст : электронный // Лань : электронно- библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/176901> (дата обращения: 17.05.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Системы автоматического регулирования и управления : практикум : в 2 частях / сост.: В. М. Бутаков [и др.]. - 2-е изд., перераб. и доп. - Казань :КГЭУ,2022.-Текст:электронный. Ч.1. - 2022. - 79 с. - URL: <https://lib.kgeu.ru/> 426эл

3. Системы автоматического регулирования и управления: практикум: в 2 частях / сост. В. М. Бутаков [и др.]. - Казань : КГЭУ, 2022. – Текст : электронный. Ч. 2. - 2022. - 84 с. - URL: <https://lib.kgeu.ru/>. - ~Б. ц. 448эл

УДК 621.374.32

РАЗРАБОТКА БЛОКА ПАМЯТИ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖАНИЯ ЗАДАННОЙ СКОРОСТИ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ

Ахметов Рамиль Рустамович ¹, Габдрахманова Назлыгуль Назимовна ²

Науч. рук. доц. к.т.н. Бутаков Валерий Михайлович

^{1,2} ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹akhmetow0w@gmail.com, ²nazgab25inbox.ru

В статье рассмотрены вопросы разработки цифрового блока памяти для системы поддержания заданной скорости модели электромобиля.

Ключевые слова: двухразрядный реверсивный счетчик, блок управления, аналого-цифровой преобразователь, цифро-аналоговый преобразователь, семисегментный индикатор.

DEVELOPMENT OF A MEMORY BLOCK FOR A SYSTEM FOR MAINTAINING A GIVEN SPEED OF AN ELECTRIC VEHICLE MODEL

Akhmetov Ramil R. ¹, Gabdrakhmanova Nazlygul N. ²

^{1,2} KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹akhmetow0w@gmail.com, ² nazgab25@inbox.ru

The article discusses the issues of developing a digital memory block for a system for maintaining a given speed of an electric car model.

Keywords: two-digit reversible counter, control unit, analog-to-digital converter, digital-to-analog converter, seven-segment indicator.

Блок памяти целесообразно выполнить в виде цифрового устройства, поскольку выполнение запоминающих устройств на аналоговых элементах проблематично.

Контур автоматического поддержания заданной скорости работает в аналоговом режиме, поэтому для работы цифрового блока памяти

необходимо осуществить сначала аналого-цифровое преобразование сигнала с датчика скорости, а затем цифро-аналоговое преобразование сохраненного значения скорости для подачи его на аналоговое вычитающее устройство.

Основой цифрового блока памяти служит двоично-десятичный реверсивный счетчик K155ИЕ6 (зарубежный аналог – микросхема 74192) [1,2].

Модель блока памяти системы поддержания заданной скорости электромобиля, набранная в программе Electronics Workbench показана на рис. 1. Счетчик собран на микросхемах DD1 и DD2. Для индикации используются семисегментные индикаторы Н1 и Н2. Назначение кнопок S1-S4 следующее:

- S1 – счет импульсов;
- S2 – сброс счетчика в нулевое состояние;
- S3 – увеличение показаний счетчика на единицу;
- S4 – уменьшение показаний счетчика на единицу.

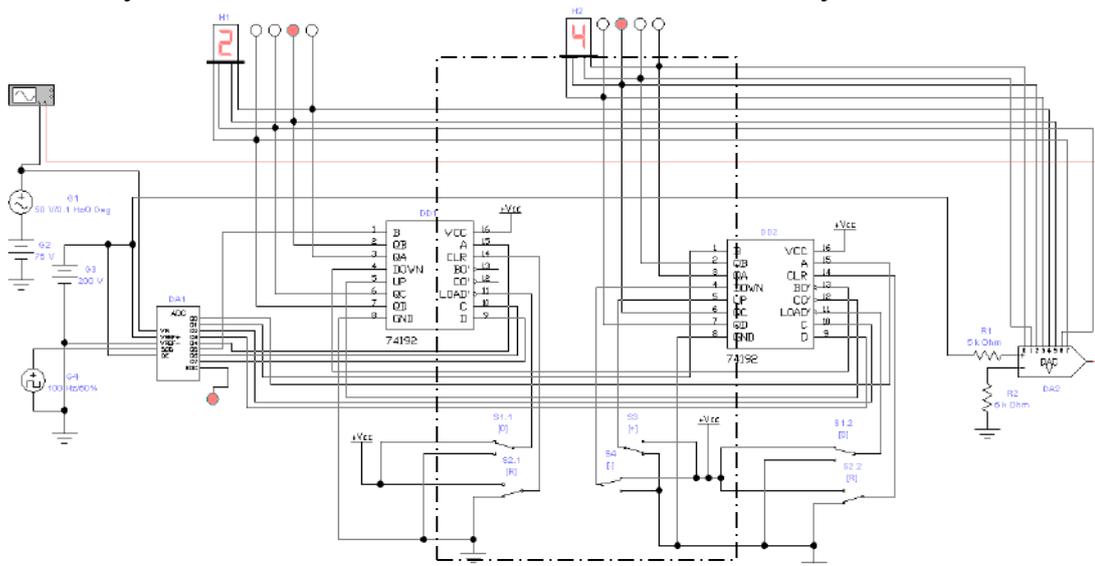


Рис. 1. Модель блока памяти системы поддержания заданной скорости электромобиля

На микросхеме DA1 выполнен АЦП, преобразующий аналоговый сигнал с датчика скорости в цифровой код. Источник постоянного напряжения G3, подключенный к выводам VREF⁺ и VREF⁻ выполняет функцию опорного напряжения АЦП.

Генератор синусоидальных колебаний G1 имитирует аналоговый сигнал с датчика скорости. Т.к. этот сигнал всегда положительный, поскольку система работает только при движении автомобиля передним ходом, то и имитирующий сигнал также не должен иметь отрицательных значений. Это обеспечивается за счет смещения с помощью источника

постоянного напряжения $G2$, подключенного последовательно с генератором $G1$.

Генератор импульсов $G4$ задает частоту преобразования аналогового сигнала в цифровой. Цифровые индикаторы отображают шестнадцатеричный код, полученный из двоичного кода на выходе АЦП.

При нажатии кнопки $S1$ на вход цифроаналогового преобразователя (DA2) будет поступать цифровой код текущей скорости электромобиля, полученный путем аналого-цифрового преобразования сигнала с датчика скорости $V_{дс}$.

Запись значения текущей скорости в момент времени t_1 в двухразрядный счетчик осуществляется отпусканием кнопки $S1$.

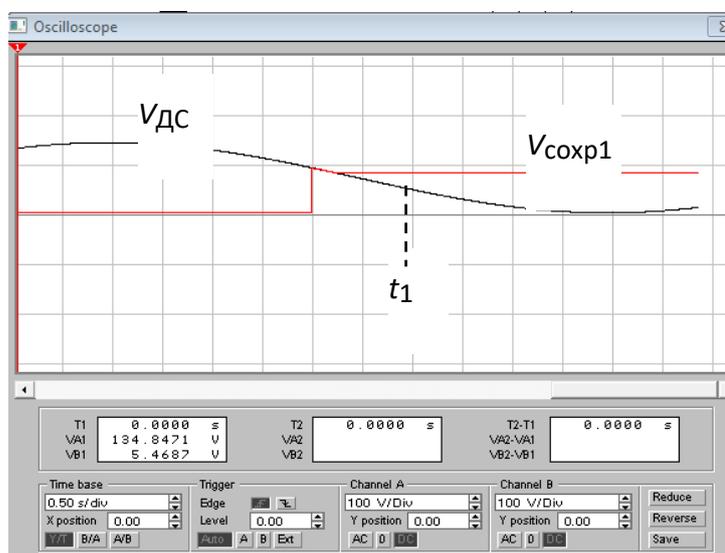


Рис. 2. Осциллограммы сигналов $V_{дс}$ и $V_{цап}$

Цифро-аналоговый преобразователь (DA2) преобразует сохраненное значение текущей скорости в аналоговый сигнал $V_{сохр1}$ (рис.2), который будет использоваться в качестве задающего воздействия при работе системы автоматического поддержания скорости электромобиля.

Источники

1. Аванесян Г.Р., Левшин В.П., Интегральные микросхемы ТТЛ, ТТЛШ: Справочник. М.: Машиностроение, 1993. – 256 с.: ил.
2. Цифровые интегральные микросхемы: Справочник. П. П. Мальцев, Н. С. Долидзе, М. И. Критенко и др. М.: Радио и связь, 1994.– 240 с.: ил.

МЕТОДИКИ ПРИМЕНЕНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИЗГОТОВЛЕНИИ И РАЗРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН

Бакулин Константин Германович

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Литвиненко Руслан Сергеевич

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

Konstantin.Bakulin2@mail.ru

В данной работе проводится анализ методов применения аддитивных технологий с целью повышения экономической эффективности в производстве электротехнических устройств. Также освещаются дополнительные перспективы, которые появляются с использованием возможности 3D-печати токопроводящих компонентов. Работа охватывает текущие практики применения аддитивных технологий в сфере электроники, предоставляя комплексный обзор существующих подходов и их воздействия на электротехническую промышленность.

Ключевые слова: аддитивные технологии, 3D печать, печатные платы, гибридная печать.

METHODS OF APPLYING ADDITIVE TECHNOLOGIES IN THE MANUFACTURING AND DEVELOPMENT OF ELECTRIC MACHINE PARTS

Bakulin Konstantin G.

Scientific advisor Litvinenko Ruslan S.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

Konstantin.Bakulin2@mail.ru

This paper analyzes the methods of using additive technologies to improve economic efficiency in the production of electrical devices. It also highlights additional perspectives that arise from the ability to 3D print conductive components. The paper covers current additive technology practices in the electronics industry, providing a comprehensive overview of existing approaches and their impact on the electrical industry.

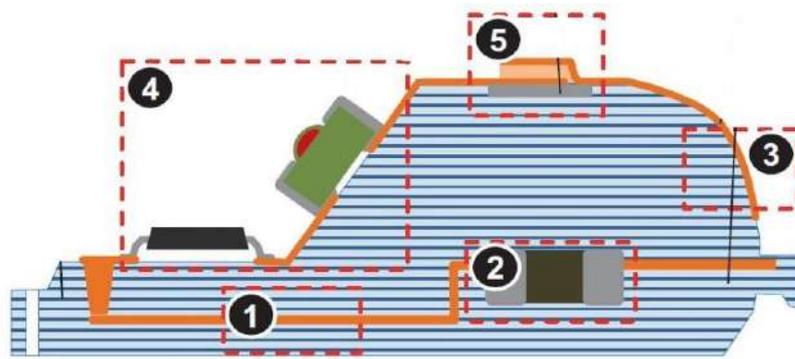
Keywords: additive technologies, 3D printing, printed circuit boards, hybrid printing.

Несмотря на относительно давнее появление аддитивных технологий, их широкое распространение началось сравнительно недавно. За короткий

период времени было разработано несколько различных методов реализации этих технологий, таких как FDM-печать, основанная на последовательном нанесении расплавленного материала слой за слоем; SLS – селективное лазерное спекание, в котором порошковый слой наносится и затем обрабатывается лазером; и SLA печать, также известная как лазерная стереолитография, где изделие формируется пошаговым затвердеванием жидкого полимера при использовании лазера или УФ-лампы.

Одним из основных преимуществ аддитивных технологий является отсутствие отходов в процессе изготовления изделия, поскольку оно формируется путем последовательного добавления материала вместо вырезания из блока материала. Кроме того, значительным преимуществом является возможность создания сложных форм продукта, которая практически не зависит от возможностей инструмента. Эта способность оказывается особенно полезной для электротехнических изделий, где часто требуются компактные размеры и низкий вес.

Технология FDM-печати активно применяется для изготовления корпусных элементов электротехнических компонентов, особенно на этапе прототипирования. При использовании 3D-принтеров с функцией смены материала или с двойным экструдером возможно внедрение токопроводящих материалов для проведения электрических соединений прямо в процессе печати [1]. Этот процесс допускается при расчете потенциальных рисков нагрева проводки при соединении элементов внутри корпусных элементов (на рисунке). Реализация данного метода становится возможной с применением токопроводящих материалов или чернил. На данный момент существуют филаменты на основе графена, меди или полилактида. Возможности токопроводящих материалов ограничиваются их удельным сопротивлением или требованием к модернизации 3D-принтера. Использование токопроводящих чернил вводит дополнительные сложности в процесс из-за применения гибридной печати с различными методами экструзии. Однако они открывают дополнительные возможности для нанесения чернил на готовые изделия различных форм с сохранением определенной степени пластичности материала [2].



Размещение проводки и электронных элементов внутри корпуса в разрезе

Использование технологии SLS для печати способствует расширению возможностей выполнения различных задач за счет применения порошков с металлическим наполнением. Например, при использовании порошков с составом Fe-6%Si возможно изготовление сердечников трансформаторов и деталей электрических машин [3].

Технология 3D-печати позволяет избавиться от необходимости химического травления с использованием фоторезистивного слоя, что приводит к существенному сокращению этапов производства и уменьшению расхода материала и расходных элементов [4]. Кроме того, данная методика упрощает создание многослойных плат, позволяя проводить печать нового слоя поверх предыдущего.

С использованием технологии 3D-печати возможно производство элементов электрических схем, включая резисторы, индукторы и конденсаторы. Проводились эксперименты по изготовлению этих элементов путем 3D-печати корпусов с внутренними каналами, которые затем заполнялись металлической кондуктивной пастой. После затвердевания заполнителя эти элементы успешно выполняли свои функции [5]. Проведенный эксперимент демонстрирует возможность интеграции процесса 3D-печати корпусов с проводкой и простыми внутренними компонентами.

Аддитивные технологии активно исследуются для выявления их возможностей и ограничений. В настоящее время они не являются оптимальным выбором для массового производства из-за длительного процесса изготовления, однако эффективно применяются в разработке сложных мелкосерийных изделий, включая электротехнические комплексы. Возможности аддитивных технологий в разработке электротехнических изделий уже возможно реализовать, однако продолжается изучение их потенциала.

Источники

1. Espera, A., Dizon, J. R., Chen, Q., & Advincula, R. (2019). "3D-printing and advanced manufacturing for electronics." *Progress in Additive Manufacturing*, 4.
2. Hörber, J., Glasschröder, J., Pfeffer, M., Schilp, J., Zaeh, M., & Franke, J. (2014). "Approaches for Additive Manufacturing of 3D Electronic Applications." *Procedia CIRP*, 17, 806-811.
3. А.В. Смородин АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2024. №1-2.
4. Liang, G.G., H. Zhang, T. Chong, and W.Y. Yeong. "3D Printing of Multilayered and Multimaterial Electronics: A Review." *Advanced Electronic Materials* 7 (2021)
5. Wu, S.-Y., Yang, C., Hsu, W., & Lin, L. (2015). "3D-printed microelectronics for integrated circuitry and passive wireless sensors." *Microsystems & Nanoengineering*, 1, 15013.

УДК 621.311

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИБРИДНОГО ТРАНСФОРМАТОРА ДЛЯ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ЗАРЯДНЫХ СТАНЦИЙ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Булатов Юрий Николаевич¹, Кижин Вадим Владиславович²

ФГБОУ ВО «БрГУ», г. Братск, Иркутская область

¹bulatovyura@yandex.ru, ²vadim-hero4ever@yandex.ru

С развитием электротранспорта увеличивается нагрузка на существующие системы электроснабжения городов и в определенные моменты может многократно превышать допустимые показатели. При подключении к системам электроснабжения зарядных станций необходимо предусмотреть устройства, ограничивающие гармонические искажения. В данной работе в качестве такого устройства предлагается использовать гибридный трансформатор. Целью работы является моделирование гибридного трансформатора для подключения зарядных станций электромобилей и оценка его влияния на качество электроэнергии в электрической сети. Результаты моделирования показывают значительное уменьшение амплитуды гармонических искажений.

Ключевые слова: зарядные станции электромобилей, качество электроэнергии, коэффициент гармонических искажений, гибридный трансформатор, моделирование.

SIMULATION OF A HYBRID TRANSFORMER FOR CONNECTING ELECTRIC VEHICLE CHARGING STATIONS

Bulatov Yuri N.¹, Kizhin Vadim V.²

BSU, Bratsk, Irkutsk region

¹bulatovyura@yandex.ru, ²vadim-hero4ever@yandex.ru

With the development of electric transport, the load on the existing power supply systems of cities increases and at certain moments can exceed the permissible values many times over. When connecting charging stations to power supply systems, it is necessary to provide devices that limit harmonic distortion. In this work, it is proposed to use a hybrid transformer as such a device. The purpose of the work is to model a hybrid transformer for connecting electric vehicle charging stations and assess its impact on the quality of electricity in the electrical network. Simulation results show a significant reduction in the amplitude of harmonic distortion.

Keywords: electric vehicle charging stations, power quality, total harmonic distortions, hybrid transformer, modeling.

Введение. По мере развития технологического прогресса на фоне растущих цен на бензин популярность электромобилей продолжает расти. Однако успешная интеграция электромобилей в нашу повседневную жизнь напрямую зависит от наличия эффективного и надежного оборудования для питания электромобилей, широко известного как зарядные станции. Наличие удобных и надежных быстрых зарядных устройств на основных автодорогах и крупных парковках повышает уверенность людей, рассматривающих возможность приобретения электромобиля [1]. При этом нужно отметить, что с развитием электротранспорта увеличивается нагрузка на существующие системы электроснабжения и в определенные моменты может многократно превышать допустимые показатели [2]. В электрических сетях с нелинейной нагрузкой, к которой относятся зарядные станции электромобилей, построенные с использованием преобразователей на основе силовой электроники, возникают высшие гармоники тока и напряжения, негативно влияющие на работу электрооборудования, систем релейной защиты и автоматики, микропроцессорной техники [3, 4]. Для решения данной проблемы внедряются различные технические средства и методы по улучшению качества электроэнергии [5]. К широко используемым средствам

и методам недопущения искажений в электрических сетях можно отнести следующие: активные и пассивные фильтры, вольтодобавочные устройства, электромашинные преобразователи и др. [6, 7]. Таким образом, при подключении к системам электроснабжения зарядных станций необходимо предусмотреть устройства, ограничивающие гармонические искажения. В данной работе в качестве такого устройства предлагается использовать гибридный трансформатор [8], реализованный путем дополнения обычного трансформатора преобразователем на основе силовой электроники. Концепция гибридного трансформатора может обеспечить динамическое регулирование напряжения, компенсацию реактивной мощности [9], а также интерфейс для подключения накопителей электроэнергии [10]. Данные характеристики гибридного трансформатора предполагают его возможности по устранению негативного влияния на электрическую сеть зарядных станций электромобилей. Таким образом, целью работы является моделирование гибридного трансформатора для подключения зарядных станций электромобилей и оценка его влияния на качество электроэнергии в электрической сети.

Описание модели исследования. В настоящее время создано разнообразное количество конфигураций гибридных трансформаторов [11]. В данной работе применялась схема гибридного трансформатора с параллельным подключением к обмотке низкого напряжения емкости через регулируемый преобразователь AC/DC. Испытание модели исследуемого гибридного трансформатора проводилось применительно к системе электроснабжения крупного торгового центра с парковкой и зарядными станциями для электромобилей, схема которой показана на рис. 1.

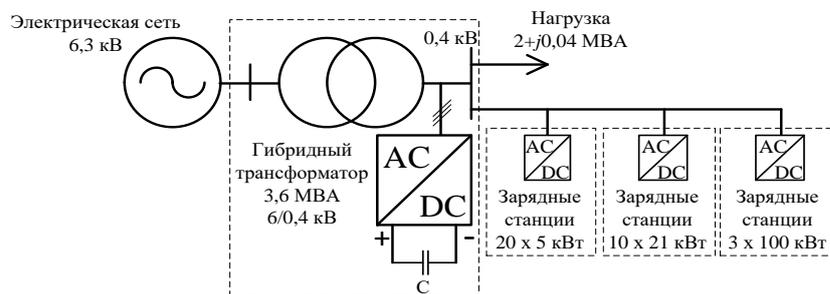


Рис. 1. Схема исследуемой системы электроснабжения с гибридным трансформатором

Моделирование выполнялось в пакетах Simulink и SimPowerSystems системы MATLAB для режима полной загрузки зарядных станций электромобилей.

Результаты моделирования. По результатам многократного имитационного моделирования при изменении значения емкости C (рис.1) был определен вариант, в наибольшей степени снижающий гармонические искажения. На рис.2 представлены результаты гармонического анализа напряжения на стороне 0,4 кВ при работе в исследуемой схеме электроснабжения обычного (рис.2, а) и гибридного трансформатора (рис.2, б).

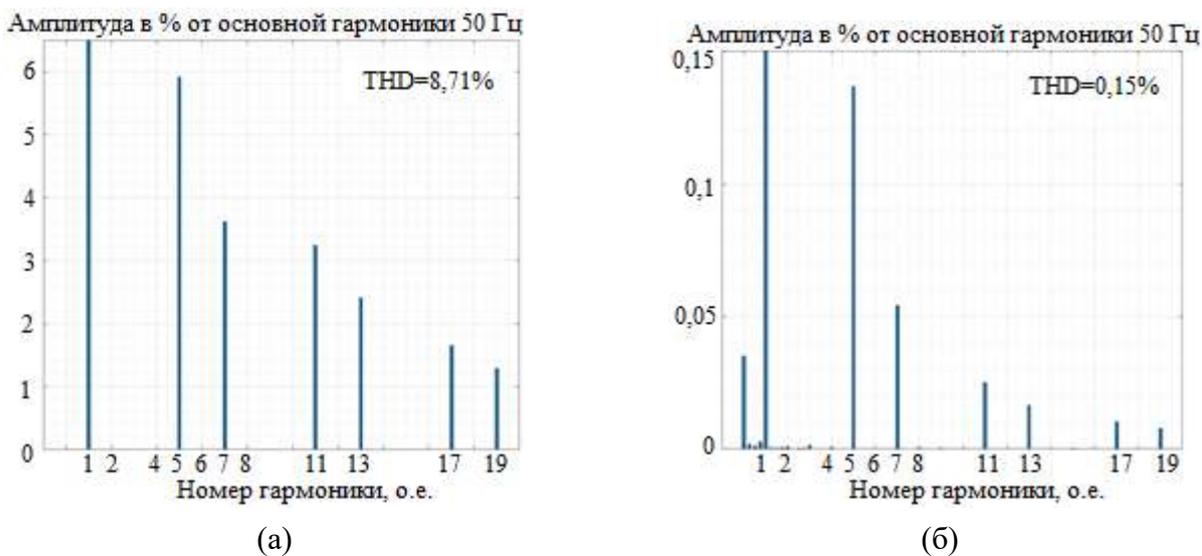


Рис. 2. Гармонический анализ напряжения в исследуемой электрической сети
а) обычный силовой трансформатор; б) гибридный трансформатор

Результаты моделирования позволяют сделать вывод об эффективности использования гибридного трансформатора для подавления гармонических искажений в электрической сети с зарядными станциями электромобилей: амплитуда 5-ой гармоники уменьшилась с 5,89% до 0,14%; амплитуда 7-ой гармоники снизилась с 3,6% до 0,06% и т.д. по остальным гармоникам.

Заключение. Исследования, проведенные на имитационной модели электрической сети с зарядными станциями для электромобилей, позволяют сделать следующие выводы:

1. Зарядные станции электромобилей вносят существенные гармонические искажения в систему электроснабжения.
2. Использование представленной модели гибридного трансформатора значительно уменьшает амплитуды гармоник: суммарный коэффициент гармонических искажений THD снизился в 58 раз. Это свидетельствует о высокой эффективности применения гибридного трансформатора для улучшения качества электроэнергии у потребителей.

Источники

1. Sharma, A.; Rajpurohit, B.S.; Singh, S.N. A Review on Economics of Power Quality: Impact, Assessment and Mitigation. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2018, 88, pp. 363-372.
2. D.Q. Hung, Z.Y. Dong, H. Trinh: Determining the size of PHEV charging stations powered by commercial gridintegrated PV systems considering reactive power support; *Applied energy*; 183; 2016; pp.160-169.
3. Ciuriuc, A.; Dumitran, L.M.; Notingher, P.V.; Badicu, L.V.; Setnescu, R.; Setnescu, T. Lifetime Estimation of Vegetable and Mineral Oil Impregnated Paper for Power Transformers. In *Proceedings of the 2016 IEEE International Conference on Dielectrics (ICD)*, Montpellier, France, 3–7 July 2016; Volume 2, pp. 720-723.
4. Gönen, T. *Electric Power Distribution System Engineering*, 3rd ed.; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2014.
5. S. Paudyal, O. Ceylan, B.P. Bhattarai, K.S. Myers: Optimal Coordinated EV Charging with Reactive Power Support in Constrained Distribution Grids, *Conference IEEE PES General Meeting, INL/ CON-17-42165*, 2017
6. Наумкин И.Б., Паскарь И.Н., Завьялов В.М.: Влияние нелинейной нагрузки на качество электроэнергии // *Вестник Кузбасского государственного технического университета*, 4 (110), 2015, с. 75-82.
7. Ахмадеев А.Р. Влияние электромобилей и зарядных станций на электрические сети // *Энергоэксперт*, № 1, 2018, с.24–28.
8. M. Y. Haj-Maharsi, L. Tang, R. Gutierrez, and S. Bala, “Hybrid distribution transformer with AC & DC power capabilities,” *U.S. Patent*, 0 201 338, Aug. 12, 2010.
9. Nileema Patil and JH Patil. Design and analysis of transformer using matlab. *International Journal of Science Technology and Engineering*, 1, 2015.
10. X. Gao, F. Sossan, K. Christakou, M. Paolone and M. Liserre, "Concurrent voltage control and dispatch of active distribution networks by means of smart transformer and storage," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 65, no. 8, pp. 6657-6666, 2018.
11. S. Bala, D. Das, E. Aeloiza, A. Maitra and S. Rajagopalan, “Hybrid distribution transformer: Concept development and field demonstration,” in *Proc. IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)*., Raleigh, NC, Sep. 2012, pp. 4061-4068.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОБУСОВ В РОССИИ

Вахитов Халил Фаритович ¹, Сафиуллин Булат Ирекикович ²,
Филина Ольга Алексеевна ³

Науч. рук. канд. тех. наук, доцент Литвиненко Руслан Сергеевич
^{1,2,3} ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹lilah20@mail.ru, ²gougle2011@yandex.ru@mail.ru, ³olga_yuminova83@mail.ru

В статье представлен обзор состояния парка электробусов России. Рассмотрены модели отечественных электробусов, произведенные после 2010 года.

Ключевые слова: электробус, электромобильный транспорт, общественный транспорт.

ANALYSIS OF THE STATUS AND PROSPECTS OF ELECTRIC BUS DEVELOPMENT IN RUSSIA

Vakhitov Khalil F. ¹, Safiullin Bulat I. ², Filina Olga A. ³

Scientific advisor Litvinenko Ruslan S.

^{1,2} KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹bin@mail.ru, ²gougle2011@yandex.ru@mail.ru, ³olga_yuminova83@mail.ru

The article presents an overview of the state of the electric bus fleet in Russia. The models of domestic electric buses produced after 2010 are considered.

Keywords: electric bus, electric vehicle, public transport.

С ростом потребности в перевозке пассажиров увеличивается и парк городского транспорта, и происходит интенсификация его использования. В свою очередь, это приводит к таким негативным последствиям, как рост уровня загрязнения воздуха отработавшими газами ДВС и повышению уровня шума, в особенности на улицах и магистралях крупных городов.

Электрификация городского транспорта может стать решение вышеперечисленных проблем.

Трамваи и троллейбусы, как подобное решение, появились уже давно, но наиболее перспективным решением в этом направлении являются электробусы. В отличие от предшественников, электробус обладает большим запасом автономного хода, и меньше зависит от внешних источников питания. За счет этого электробусы обладают той же управляемостью и свободой движения, что и автобусы [1].

Электробусы в России представлены малым, большим и особо большим классом.

Если в сегменте малого класса представлен только GAZelle e-NN производства ПАО «ГАЗ», то в большом и особо большом классе представлены такие электробусы как ЛиАЗ-6274 от «Группа ГАЗ», КАМАЗ-6282 от ПАО «КАМАЗ», Volgabus от холдинга «БМГ» и ПКТС-6245 «Пионер МАХ» от производственной компании «Транспортные системы».

Ниже приведены основные характеристики наиболее известных электробусов.

Сравнительная таблица наиболее известных электробусов

Наименование образца	GAZelle e-NN	КАМАЗ-6282	ЛиАЗ-6274	МАЗ-303Е	Volgabus-5270.E0
Назначение	городской микроавтобус	электробус большого класса	электробус большого класса	электробус большого класса	электробус с большого класса
Длина, мм	6710	12400	12000	12425	11990
Пассажировместимость, чел	22	85	85	72	75-90
Кол-во мест для сидения, шт	16	33-35	30	30	27-32
Снаряженная масса, кг	2100	-	12220	-	12900
Полная масса, кг	4600	18000	18000	18000	19000
Двигатель/электропортальный мост	-	ZF AVE 130	ZF AVE 130	ZF CeTrax	КРА200М 4Н
Мощность двигателя (макс), кВт	100	2x125	2x125	300	115
Емкость аккумуляторов, кВт*ч	48,4-64	80	77	412	-
Запас хода, км	120-200	50	до 59	до 300	200-220
Тип зарядки	быстрая, ночная	ультрабыстрая, ночная	ультрабыстрая, ночная	ночная	ночная

Технология электропортального моста, используемая в некоторых из представленных электробусов, позволяет делать транспорт низкопольным, менее шумным и более энергоэффективным. В АО "ПО Муроммашзавод" разрабатывают замену используемому сейчас германскому ZF AVE 130.

Большинство электробусов находятся на этапе тестирования, однако те, которые вышли на этап регулярной эксплуатации постепенно заменяют привычный городской общественный транспорт. Сильнее всего эта тенденция наблюдается в столице, в которой количество электробусов, находящихся в активной эксплуатации, уже вышло за пределы тысячи экземпляров. В течение следующих 6 лет предполагается внедрить еще около 3,8 тысяч [2].

Объясняется это тем, что электробусы сами по себе дорого стоят, и не каждая транспортная компания может себе их позволить. Во-вторых, необходимо наличие уже развитой системы маршрутов, желательно, троллейбусных, для мягкой замены на электробусы. В-третьих, играет роль и зарядная инфраструктура: наличие зарядных станций, либо на промежуточных, либо на конечных станциях обязательно. Поэтому троллейбусные маршруты идеальны для электробусов, за счет готовой инфраструктуры, которую легко можно переделать под электробусы [3].

Источники

1. О применении нейронных сетей в расчетах рациональных режимов работы тягового электрооборудования городского электрического транспорта / И. В. Ившин, А. Э. Аухадеев, К. Т. Ле К Т // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2023. – Т. 15, № 1(57). – С. 106-116. – EDN FVWBPK..

2. Формирование гибкой системы устойчивого транспорта на основе электробусов / Д. Б. Коган // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2018. – № 10. – С. 228-231. – DOI 10.23672/SAE.2018.2018.19358. – EDN YNAZSP.

3. Анализ факторов, влияющих на выбор городского регулярного маршрута для ввода электробуса / А. Д. Горбунова // Вестник гражданских инженеров. – 2021. – № 4(87). – С. 127-133. – DOI 10.23968/1999-5571-2021-18-4-127-133. – EDN GQXXOF.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ЧАСТОТЫ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА

Галиев Руслан Рашатович ¹, Киснеева Лейля Нургалиевна ²,
Хаткевич Данила Маратович ³,

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Бутаков Валерий Михайлович
^{1,2,3}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
¹galiev2002@mail.ru, ²leilja80@mail.ru, ³dan0500@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы оценки качества системы стабилизации частоты синхронного генератора. Приводятся результаты моделирования для разных видов возмущающих воздействий.

Ключевые слова: синхронный генератор, электродвигатель постоянного тока, регулятор.

EVALUATION OF THE QUALITY OF THE FREQUENCY STABILIZATION SYSTEM SYNCHRONOUS GENERATOR

Galiev Ruslan R ¹, Kisneeva Leylya N ², Khatkevich Danila M ³
Scientific advisor Butakov Valeriy M.

^{1,2,3} KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
¹galiev2002@mail.ru, ²leilja80@mail.ru, ³dan0500@mail.ru

The article discusses the issues of assessing the quality of the frequency stabilization system of a synchronous generator. The results of modeling for different types of disturbing influences are presented.

Keywords: synchronous generator, DC electric motor, regulator.

Анализ качества процесса управления сводится к вычислению показателей качества переходного процесса: быстродействия, колебательности и перерегулирования, а также к расчёту установившихся ошибок, определяющих точность работы системы стабилизации частоты синхронного генератора (ССЧСГ) [1,2].

Структурная схема динамической модели (ССДМ) ССЧСГ показана на рис.1.

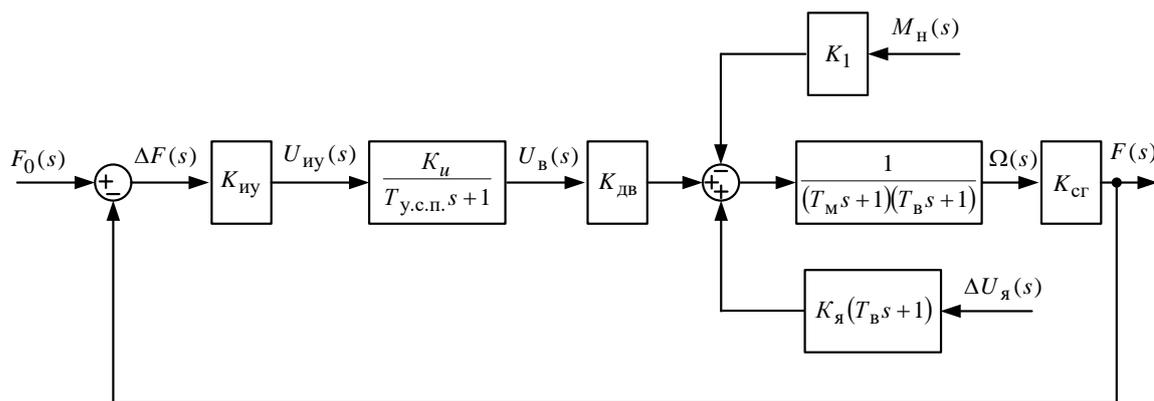


Рис. 1. ССДМ системы стабилизации частоты синхронного генератора

Для определения выражения суммарной статической ошибки ССЧСГ вычисляются:

– статическая ошибка $\Delta f_{\text{СТ}}^f$ относительно задающего воздействия f_0

$$\Delta f_{\text{СТ}}^f = \lim_{s \rightarrow 0} s \Phi_{\Delta f}(s) \frac{f_0}{s} = \frac{f_0}{1 + K_{\text{иу}} K_u K_{\text{дв}} K_{\text{сг}}} = \frac{500}{1 + 5 \cdot 4,22 \cdot 1,706 \cdot 0,48} = 27,35 \text{ Гц};$$

– статическая ошибка $\Delta f_{\text{СТ}}^M$ относительно возмущающего воздействия M_H

$$\Delta f_{\text{СТ}}^M = \lim_{s \rightarrow 0} s \Phi_{\Delta f}^M(s) \frac{M_H}{s} = \frac{M_H K_1 K_{\text{сг}}}{1 + K_{\text{иу}} K_u K_{\text{дв}} K_{\text{сг}}} = \frac{0,2 \cdot 10 \cdot 0,48}{1 + 17,278} = 0,052 \text{ Гц};$$

– статическая ошибка $\Delta f_{\text{СТ}}^{\Delta u}$ относительно возмущающего воздействия $\Delta U_я$

$$\Delta f_{\text{СТ}}^{\Delta u} = \lim_{s \rightarrow 0} s \Phi_{\Delta f}^{\Delta u}(s) \frac{\Delta U_я}{s} = -\frac{\Delta U_я K_я K_{\text{сг}}}{1 + K_{\text{иу}} K_u K_{\text{дв}} K_{\text{сг}}} = -\frac{2 \cdot 227 \cdot 0,48}{1 + 17,278} = -11,92 \text{ Гц}.$$

Суммарная статическая ошибка ССЧСГ

$$\Delta f_{\text{СТ}} = \frac{f_0}{1 + K_{\text{иу}} K_u K_{\text{дв}} K_{\text{сг}}} + \frac{M_H K_1 K_{\text{сг}}}{1 + K_{\text{иу}} K_u K_{\text{дв}} K_{\text{сг}}} - \frac{\Delta U_я K_я K_{\text{сг}}}{1 + K_{\text{иу}} K_u K_{\text{дв}} K_{\text{сг}}} = 15,48 \text{ Гц}.$$

Графическая оценка статических ошибок проводилась с помощью системы MatLab Simulink.

При подаче на вход системы задающего воздействия $f_0 = 500$ Гц в предположении, что возмущающие воздействия M_H и $\Delta U_{\text{я}}$ равны нулю, получен график статической ошибки $\Delta f_{\text{ст}}^f$.

Для получения графиков ошибок относительно возмущающих воздействий задающее воздействие принималось равным нулю и поочерёдно подавались на соответствующие входы $M_H = 0,2$ Н·м и $\Delta U_{\text{я}} = 2$ В.

На рис. 2 показан график ошибки при совместном влиянии задающего и возмущающих воздействий.

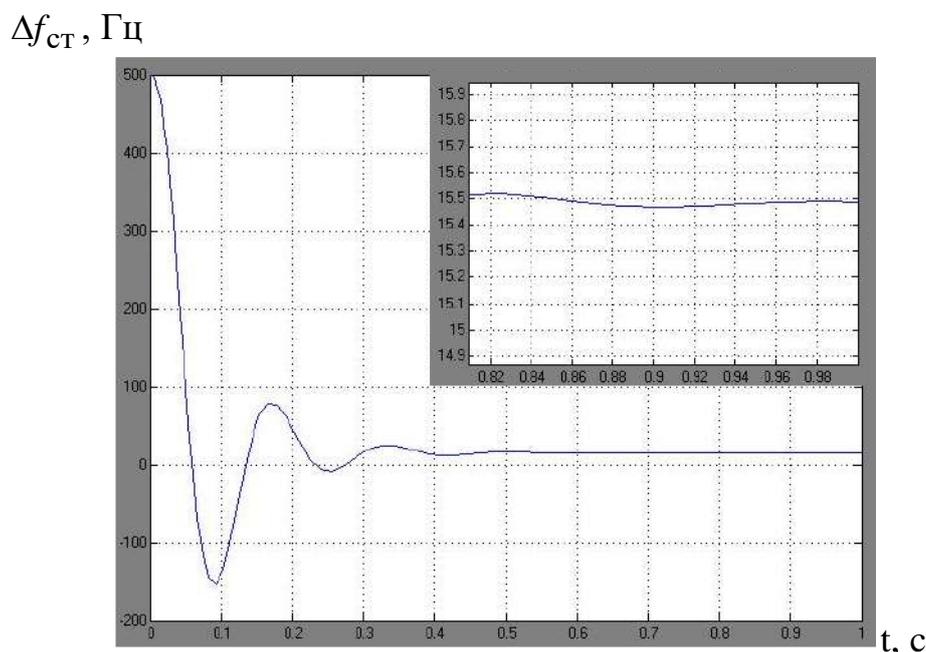


Рис. 2. График суммарной статической ошибки $\Delta f_{\text{ст}}$

Из графика следует, что суммарная статическая ошибка $\Delta f_{\text{ст}} = 15,5$ Гц.

Результаты моделирования совпадают с расчетными данными. Они показывают, что преобладающее влияние на ошибки ССЧСГ оказывают задающее воздействие и отклонение напряжения на обмотке якоря. Воздействие нагрузки незначительно влияет на ошибки системы.

Источники

1. Бутаков В.М., Гатин Б.Ф., Медведев Г.М. Способы улучшения качества регулирования // Новые технологии и проблемы технических наук: Сборник научных трудов по итогам международной научно-

практической конференции. № 3. – Красноярск, 2016. – С. 159–163.

2. Бутаков В.М., Гатин Б.Ф., Павлов С.В. Стандартные настройки и их применение // Актуальные вопросы науки и техники: Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 3. – Самара, 2016. – С. 141–144.

УДК 621.355.9

МЕТОД РАСЧЕТА ЕМКОСТИ АККУМУЛЯТОРНЫХ ЯЧЕЕК В МОЩНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ НАКОПИТЕЛЯХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Ешаев Максат Какаджанович¹, Вилков Данил Витальевич²

Науч. рук. ст. преп. Алешин Дмитрий Александрович

^{1,2}ФГБОУ ВО «НГТУ им. Р.Е. Алексеева» г. Н. Новгород

^{1,2}maksat.eshaev@gmail.com

В статье представлена методика расчета емкости аккумуляторных ячеек для мощных импульсных накопителей электроэнергии, базирующейся на максимальном токе разряда аккумуляторной ячейки, мощности и напряжении нагрузки. Представлены уравнения, позволяющие произвести расчет количества аккумуляторных ячеек.

Ключевые слова: накопители электроэнергии, литиевые аккумуляторные батареи, расчет емкости АКБ.

A METHOD FOR CALCULATING THE CAPACITY OF BATTERY CELLS IN HIGH-POWER PULSED POWER STORAGE DEVICES

Yeshaev Maksat K. ¹, Vikov Danil V. ²

Scientific advisor Alyoshin Dmitriy A.

^{1,2} NNSTU, N. Novgorod, Russian Federation

^{1,2}maksat.eshaev@gmail.com

The article presents a method for calculating the capacity of battery cells for high-power pulse electric power storage devices based on the maximum discharge current of the battery cell, power and load voltage. The equations that allow calculating the number of battery cells are presented.

Keywords: electric power storage devices, rechargeable batteries, lithium batteries.

В настоящее время накопители электроэнергии на базе литиевых аккумуляторных батарей (АКБ) заняли лидирующие позиции на рынке. Практически все накопители энергии в портативной электронике и

электротранспорте базируются литиевых АКБ [1]. Традиционно выделяют такие их преимущества как быстрый ввод в работу, большая величина удельной энергии и масштабируемость рабочих напряжений и мощностей [2]. На сегодняшний день существует не один тип электрохимии литиевых АКБ, сравнение их основных характеристик представлено в таблице.

Сравнение литиевых аккумуляторных ячеек

Вид		LFP, LiFePO ₄	LIP, Li- Po	LTO, Li ₄ Ti ₅ O ₁₂	NMC, LiNi _x M _y Co _z O ₂	NCA, LiNiCo AlO ₂	LCO, LiCoO ₂
Диапазон рабочих напряжений единичного элемента (разряжен – заряжен), В		2,5 - 3,65	3 - 4,2	1,8 – 2,8	2,7-4,3	3 – 4,2	3 – 4,2
Номинальное напряжение (средней точки), В		3,3	3,7	2,4	3,7	3,6	3,6
Удельная энергоёмкость, Вт×ч/кг		90–160	200	30-110	150-220	200-260	150-240
Диапазон рабочих температур, °С	Заряд	от 0°С до 40°С	от 0°С до +60°С	от - 20°С до +55°С	от 0°С до + 50°С	от 0°С до + 45°С	от 0°С до + 45°С
	Разряд	от - 30°С до +55°С	от - 20°С до +40°С	от - 30°С до +60°С	от - 20°С до +50°С	от - 10°С до +60°С	от - 20°С до +60°С
Допустимый зарядный ток (постоянный, при 25°С), А×ч		0,2С – 1С	1С - 5С	3С-6С	0,7С – 2С	0,5С - 0,7С	0,7С-1С
Допустимый диапазон разрядного тока, А×ч		0,2С – 3С	3С - 5С	0,2С-6С	1С-3С	0,2С - 1С	1С – 5С
Циклируемость		2000-7000	400-500	5000-25000	1000-1500	500	500-1000

В вышеприведенной таблице стоит выделить два типа АКБ: литий-титанатные (LTO) и литий-железо-фосфатные (LFP). Главным

преимуществом данных аккумуляторных батарей являются максимальное число циклов заряд/разряд. Хотя их удельная энергоемкость небольшая по сравнению с другими типами литиевых АКБ, этот недостаток компенсируется большими зарядными и разрядными токами, что позволяет максимально эффективно использовать данный тип химии в мощных импульсных накопителях электроэнергии.

Для расчета емкости АКБ требуется учесть следующие параметры накопителя: минимальное, номинальное и максимальное напряжение аккумуляторных ячеек; время работы, выходная мощность и минимальное напряжение накопителя электроэнергии. Также при работе накопителя свыше 1 минуты требуется соблюдение условия не превышения максимального разрядного тока.

Изменение напряжения элемента АКБ в режиме разряда можно рассчитать по формуле:

$$u(t) = U_{\max} - (U_{\max} - U_{\min}) \cdot \frac{P_{\text{н}} \cdot t}{U_{\text{ном}} \cdot C \cdot 60},$$

где: $u(t)$ (В) – мгновенное напряжение АКБ; $U_{\text{ном}}$ (В) - номинальное напряжение АКБ; C (Ач) – емкость АКБ; $P_{\text{н}}$ (Вт) – мощность нагрузки в цепи постоянного тока; t (мин) – время разряда модуля АКБ.

Стоит отметить, что в качестве максимального и минимального напряжение АКБ используются крайние точки линейного участка вольт-зарядной характеристики. Зная изменение напряжения одной ячейки, возможно масштабирование процесса на всю аккумуляторную батарею. Тогда сумма мгновенных напряжений последовательносоединенных аккумуляторных ячеек к концу разряда не должна быть ниже чем минимальное рабочее напряжение накопителя электроэнергии. Поскольку большинство выходных цепей накопителей электроэнергии работают как источники постоянной мощности, то к концу разряда от АКБ будет потребляться максимальный ток. Используя два дополнительных условия (кол-во последовательносоединенных аккумуляторных ячеек и максимальный ток разряда АКБ) получаем:

$$C > \frac{(U_{\max} - U_{\min}) \cdot N \cdot I \cdot P_{\text{н}} \cdot t}{(U_{\max} \cdot N \cdot I - P_{\text{н}}) \cdot U_{\text{ном}} \cdot 60},$$

где: I – максимальный ток АКБ; N - число последовательно соединенных аккумуляторных элементов.

При использовании предложенного метода для расчета емкости аккумуляторной батареи использовалось ряд допущений: постоянство выходной мощности накопителя, использование только линейного участка вольт-зарядной характеристики и усредненное значение напряжения ячейки при расчете мощности накопителя. Однако, не смотря на описанные недостатки, данная методика позволяет рассчитать емкость аккумуляторных батарей с погрешностью не более 5%, которая может быть учтена в виде поправочного коэффициента.

Работа выполнена в рамках государственного задания на оказание государственных услуг (тема № FSWE-2022-0006).

Источники

1. Садовников А. В., Макаруч В.В. Литий-ионные аккумуляторы // Молодой ученый. — 2016. — № 23 (127). — С. 84-89.

2. Кузнецова Н.Д., Митрофанов С.В. Анализ эффективности применения различных типов аккумуляторных батарей в автономных системах электроснабжения // Вестник ПНИПУ – 2018. - №25. – С. 48-54.

УДК 681.513.3

ИССЛЕДОВАНИЕ СЛЕДЯЩЕГО ПОЗИЦИОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С АСТАТИЗМОМ ВТОРОГО ПОРЯДКА

Кашапов Рамис Ильнурович ¹, Бесчастный Виктор Михайлович ²

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Бугаков Валерий Михайлович

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

¹ramis.baur@mail.ru, ²beschastnyj01@bk.ru

В статье рассмотрены вопросы разработки следящего позиционного электропривода с астатизмом второго порядка, исследованы его ошибки при различных видах задающих и возмущающих воздействий.

Ключевые слова: задающее воздействие, возмущающее воздействие, следящий позиционный электропривод, электродвигатель постоянного тока, регулятор.

INVESTIGATION OF A TRACKING POSITIONAL ELECTRIC DRIVE WITH SECOND-ORDER ASTATISM

Kashapov Ramis I.¹, Beschastny Viktor M.²

Scientific advisor Butakov Valeriy M.

^{1,2} KSPEU, Kazan, Russia

¹ramis.baur@mail.ru, ²beschastnyj01@bk.ru

The article considers the issues of developing a tracking positional electric drive with second-order astatism, and examines its errors under various types of setting and disturbing influences

Keywords: setting effect, disturbing effect, tracking positional electric drive, DC electric motor, regulator

Разрабатываемый электропривод (ЭП) должен обеспечивать: угловую скорость нагрузки $\Omega_H = 50$ град/с; угловое ускорение нагрузки $\varepsilon_H = 10$ град/с²; ошибку по скорости $\Delta\alpha_{СК} \leq 20$ мин; ошибку по ускорению $\Delta\alpha_{УСК} \leq 35$ мин; показатель колебательности $M = 1,1$.

Коэффициент передачи по ускорению [1]

$$K_\varepsilon = \sqrt{2} \frac{\varepsilon_H}{\Delta\alpha_{УСК}} = \sqrt{2} \frac{10 \cdot 60}{35} = 24,2437 \text{ с}^{-2}.$$

Значение базовой частоты

$$\omega_0 = \sqrt{K_\varepsilon} = \sqrt{24,2437} = 4,9238 \text{ с}^{-1}.$$

Постоянные времени $T_{1Ж}$ и $T_{2Ж}$

$$T_{1Ж} = \frac{1}{\omega_0} \cdot \sqrt{\frac{M}{M-1}} = \frac{1}{4,9238} \cdot \sqrt{\frac{1,1}{1,1-1}} = 0,6736 \text{ с};$$

$$T_{2Ж} = \frac{\sqrt{M(M-1)}}{\omega_0(M+1)} = \frac{\sqrt{1,1(1,1-1)}}{4,9238(1,1+1)} = 0,0321 \text{ с}.$$

Желаемая передаточная функция

$$W_{Ж}(s) = \frac{K_\varepsilon(T_{1Ж}s + 1)}{s^2(T_{2Ж}s + 1)} = \frac{24,2437(0,6736s + 1)}{s^2(0,0321s + 1)}.$$

Передаточная функция замкнутого контура скорости

$$\Phi_{\text{КС}}^{\text{ОМ}}(s) = \frac{1/K_{\text{ТГ}}(T_{\text{ТГ}}s + 1)}{2(T_{\Sigma}^{\text{КС}}s)^2 + 2T_{\Sigma}^{\text{КС}}s + 1} = \frac{21,834(0,008s + 1)}{0,00139392s^2 + 0,0528s + 1}$$

и неизменяемой части ЭП

$$W_{\text{Н}}(s) = \Phi_{\text{КС}}^{\text{ОМ}}(s) \cdot K_{\text{П}} = \frac{K_{\text{ДП}}/K_{\text{ТГ}}(T_{\text{ТГ}}s + 1)}{2(T_{\Sigma}^{\text{КС}}s)^2 + 2T_{\Sigma}^{\text{КС}}s + 1} = \frac{1257,86(0,0018s + 1)}{9,248 \cdot 10^{-5}s^2 + 0,0136s + 1},$$

где $K_{\text{ТГ}} = 0,0458 \text{ В} \cdot \text{с}/\text{рад}$; $T_{\text{ТГ}} = 0,008 \text{ с}$; $T_{\Sigma}^{\text{КС}} = 0,0264 \text{ с}$; $K_{\text{ДП}} = 40 \text{ рад}/\text{В}$; $i = 251$.

Передаточная функция регулятора положения вычисляется на основании формулы $W_{\text{рп}}(s) = W_{\text{ж}}(s)/W_{\text{Н}}(s)$ и с помощью программы MatLab строится его ЛАЧХ (рис.1).

Из анализа полученного графика видно, что низкочастотный участок ЛАЧХ регулятора положения проходит под наклоном $-20 \text{ дБ}/\text{дек}$, постепенно изменяя наклон к среднечастотному участку до $0 \text{ дБ}/\text{дек}$. Высокочастотный участок полученной ЛАЧХ ($\omega \geq 100 \text{ с}^{-1}$) с увеличением частоты изменяет свой наклон от 20 до $0 \text{ дБ}/\text{дек}$.

Параметры передаточной функции регулятора положения:

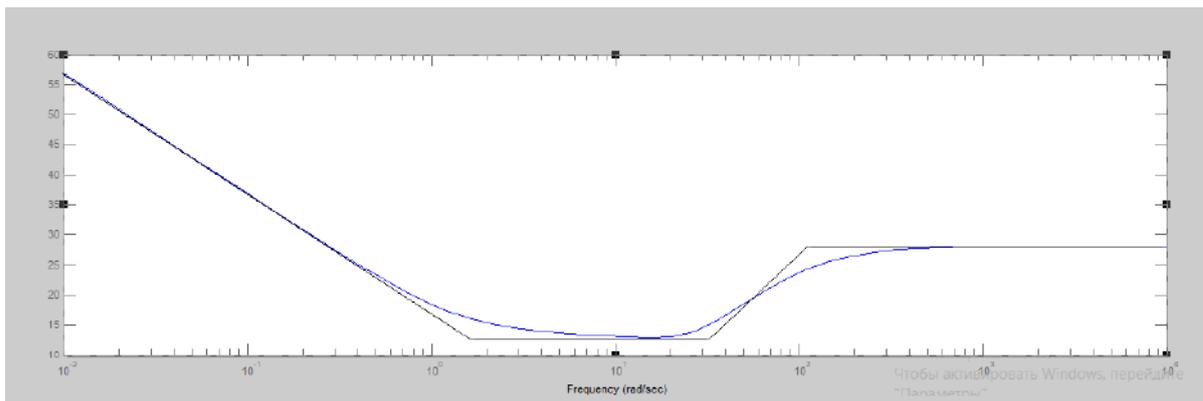


Рис. 1. ЛАЧХ регулятора положения

на частоте $\omega = 1 \quad 20 \lg \left(\frac{K_{\text{рп}}}{T_1} \right) = 18,4 \text{ дБ}$, откуда $K_{\text{рп}} = 8,3176 \text{ Т}_1 \text{ с}^{-1}$.

По ЛАЧХ регулятора положения определяются частоты сопряжения $\omega_1 = 1,3 \text{ с}^{-1}$; $\omega_2 = 31,2 \text{ с}^{-1}$; $\omega_3 = 120 \text{ с}^{-1}$ и рассчитываются постоянные времени

$$T_1 = \frac{1}{\omega_1} = \frac{1}{3,43} = 0,769 \text{ с}, T_2 = \frac{1}{\omega_2} = \frac{1}{170} = 0,032 \text{ с}, T_3 = \frac{1}{\omega_3} = \frac{1}{647} = 0,008 \text{ с}.$$

Коэффициент передачи регулятора положения

$$K_{\text{рп}} = 8,3176 \cdot T_1 = 8,3176 \cdot 0,769 = 6,398.$$

Передаточная функция регулятора положения

$$W_{\text{рп}}(s) = \frac{K_{\text{рп}}(T_1s + 1)(T_2s + 1)}{T_1s(T_3s + 1)} = \frac{6,398(0,769s + 1)(0,032s + 1)}{0,769s(0,008s + 1)}.$$

ССДМ электропривода представлена на рис. 2.

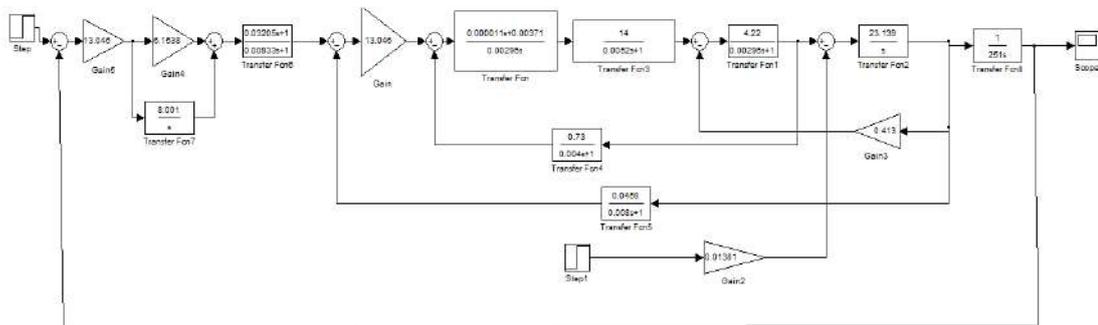


Рис. 2. ССДМ электропривода с ПИД-регулятором положения

Анализ результатов моделирования показывает, что следящий позиционный ЭП с астатизмом второго порядка обрабатывает ступенчатое и линейно возрастающее задающее воздействие с нулевыми ошибками.

Моментная составляющая ошибки при обработке ступенчато изменяющегося момента сопротивления стремится к нулю, а при обработке линейно возрастающего момента сопротивления не превышает $5'$.

Источники

1. Бутаков В.М., Баязитов В.О., Дудкин И.М. Расчет характеристик электроприводов // Актуальные вопросы технических наук в современных условиях, / Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 4. г. Санкт-Петербург, 2017. с. 94-98.

УДК 656.13

ЭКОЛОГИЯ В ЭЛЕКТРОМОБИЛЯХ

Кашапов Рамис Ильнурович ¹, Бесчастный Виктор Михайлович ²

Науч. рук. ст. пр. Антипанова Ирина Сергеевна

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹ramis.baur@mail.ru, ²beschastnyj01@bk.ru

В этой статье исследуется пересечение экологии и электромобилей, анализируется воздействие производства, эксплуатации и утилизации электромобилей на окружающую среду. В нем обсуждаются потенциальные преимущества электромобилей для сокращения выбросов углекислого газа и рассматриваются такие проблемы, как утилизация аккумуляторов и добыча ресурсов. В статье также рассматриваются будущие перспективы устойчивых электромобилей и их роль в смягчении последствий изменения климата.

Ключевые слова: электромобиль, экология, вредные газы, эксплуатация.

ECOLOGY IN ELECTRIC VEHICLES

Kashapov Ramis I. ¹, Beschastnyi Viktor M. ²

Scientific advisor Antipanova Irina S.

^{1,2} KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹ramis.baur@mail.ru, ²beschastnyj01@bk.ru

This article explores the intersection of ecology and electric vehicles, analyzes the impact of the production, operation and disposal of electric vehicles on the environment. It discusses the potential benefits of electric vehicles to reduce carbon dioxide emissions and addresses issues such as battery recycling and resource extraction. The article also examines the future prospects of sustainable electric vehicles and their role in mitigating the effects of climate change.

Keywords: electric vehicles, ecology, harmful gases, exploitation.

Электромобили находятся в авангарде решающего перехода к устойчивому транспорту, играя решающую роль в сфере экологии. По своей конструкции электромобили представляют собой более чистую и экологичную альтернативу традиционным автомобилям с двигателями внутреннего сгорания [1-2].

Экологические преимущества электромобилей многогранны. Во-первых, они производят нулевые выбросы выхлопных газов, резко сокращая количество вредных парниковых газов и загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу. Это оказывает прямое влияние на качество воздуха, снижая риски для здоровья, связанные с респираторными заболеваниями, и улучшая общие условия окружающей среды. Кроме того, электромобили способствуют сохранению природных ресурсов, уменьшая нашу зависимость от ограниченного ископаемого топлива. Поскольку энергетическая сеть продолжает переходить на возобновляемые источники энергии, такие как солнечная и ветровая энергия, выбросы углекислого газа от электромобилей будут еще больше уменьшаться, что сделает их еще более экологически чистыми. Помимо своих эксплуатационных преимуществ, электромобили также влияют на экологические аспекты на этапах производства и утилизации. Производители все чаще внедряют устойчивые методы в производство электромобилей, используя переработанные материалы, сокращая количество отходов и сводя к минимуму воздействие производственных процессов на окружающую среду [2-3].

В целом, внедрение электромобилей представляет собой значительный шаг на пути к более устойчивому и экологически сознательному будущему. Способствуя более чистому воздуху, сокращению выбросов парниковых газов, сохранению природных ресурсов и содействию инновациям в экологически чистых технологиях, электромобили способствуют позитивным изменениям в сфере экологии и прокладывают путь к более экологически устойчивому транспортному сектору.

Источники

1. Трифонова, Т. А. Прикладная экология : учебное пособие для вузов / Т. А. Трифонова, Н. В. Селиванова, Н. В. Мищенко. – Москва : Академический Проект : Традиция, 2005. 381 с.: табл., рис. – Текст : непосредственный.

2. Гольдфейн, М. Д. Основы экологии, безопасности жизнедеятельности и охраны окружающей среды : учебное пособие для студентов всех специальностей / М. Д. Гольдфейн, Н. В. Кожевников, Н. И. Кожевникова ; под общей редакцией М. Д. Гольдфейна ; Саратовский институт Московского государственного университета коммерции. – Саратов : Издательство Саратовского университета, 2000. – 220 с.: ил. – Текст : непосредственный.

3. Гальперин, А. М. Техногенные массивы и охрана природных ресурсов: Man-Made Massies and Natural Resources Protection : учебное пособие для вузов. В 2 томах / А. М. Гальперин, В. Фёрстер, Х.-Ю. Шеф ; Московский государственный городской университет.

УДК 629.331

РАЗВИТИЕ ЗАРЯДНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРИ МАСШТАБНОМ ВНЕДРЕНИИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Квасова Алина Петровна¹, Хуснутдинов Азат Назипович²,
Якубова Дилфуза Куанишевна³

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

³Ташкентский государственный технический университет им. Ислама Каримова, г.
Ташкент, Республика Узбекистан

¹alinakvasova51@gmail.com, ²khusnutdinov.an.kgeu@mail.ru

Зарядка электромобилей (EV) является стратегическим вопросом для автопроизводителей и серьезной проблемой, которую необходимо преодолеть, прежде чем эти транспортные средства можно будет сравнить с автомобилями с двигателями внутреннего сгорания по простоте использования. Действительно, ограниченный радиус действия транспортных средств и длительное время подзарядки аккумуляторов, а также высокая стоимость аккумулятора побудили к реализации ряда исследовательских проектов, направленных на оптимизацию инфраструктуры зарядки электромобилей.

Ключевые слова: электромобиль, зарядная инфраструктура, аккумулятор

CHARGING STATIONS FOR LARGE-SCALE DEPLOYMENT OF ELECTRIC VEHICLES

Kvasova Alina P.¹, Khusnutdinov Azat N.², Yakubova Dilfuza K.³

^{1,2} KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

³Tashkent State Technical University named after. Islam Karimov, Tashkent, Republic of Uzbekistan

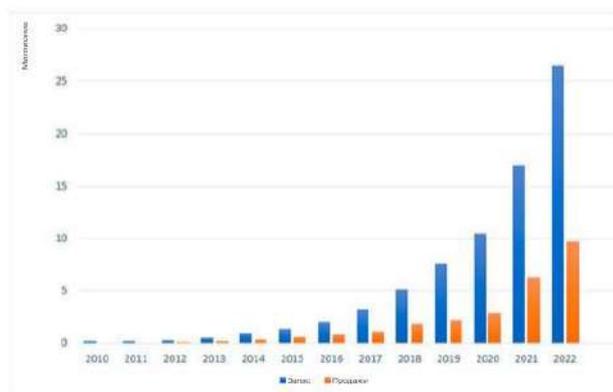
¹alinakvasova51@gmail.com, ²khusnutdinov.an.kgeu@mail.ru

Charging electric vehicles (EV) is a strategic issue for automakers and a major challenge that needs to be solved. The development of battery, have prompted the implementation of a number of research projects aimed at optimizing the charging infrastructure of electric vehicles.

Keywords: electric vehicle, charging infrastructure, battery.

В настоящее время инфраструктура зарядки EV все еще находится на ранних стадиях развития, не в последнюю очередь из-за малого количества используемых электромобилей. Однако по-прежнему остается много вопросов, на которые необходимо ответить, когда речь заходит о стандартизации разъемов, зарядке постоянным или переменным током, питании и об эксплуатационных и экономических вопросах [1].

Решающее значение имеет энергетический переход. Поскольку от ископаемого топлива следует отказаться сразу или постепенно, необходимо продвигать возобновляемые источники энергии и поощрять их использование. За последние несколько лет потенциал гибридных автомобилей и электромобилей получает все большее признание в обществе. Например, Европейский союз запретил производство новых автомобилей внутреннего сгорания после 2035 года [2]. Эти правила играют важную роль в поддержке и ускорении перехода к более чистой и устойчивой транспортной системе, особенно для транспортных средств, находящихся в индивидуальной собственности.



Динамика мировых запасов и продаж EV малой грузоподъемности с 2010 по 2022 год

Количество зарегистрированных гибридных автомобилей и электромобилей с каждым годом неуклонно растет [2]. На Китай, Европу и Соединенные Штаты приходится 95% продаж. Рисунок показывает динамику продаж и ассортимента EV по всему миру.

Тенденции продаж более неоднородны, в то время как Китай остается ведущим рынком продаж EV с глобальным ростом на 20% в 2023 году по сравнению с 2022 годом, Европа в настоящее время является вторым по величине рынком в мире, на долю электромобилей приходится 25% рынка. Это быстрое развитие является следствием относительно строгой европейской директивы в отношении выбросов CO₂ для новых автомобилей, которая нацелена на 100% сокращение выбросов, начиная с 2035 года.

Зарядные станции, которые когда-то были редкостью, теперь появляются повсеместно. Инфраструктура зарядки является основным препятствием для использования EV потребителями, и каждое государство пытается ускорить расширение структуры зарядки с помощью инициативы и директив. Очевидно, что с растущим внедрением электромобилей растет и спрос на пункты зарядки [3]. В настоящее время существуют различные типы систем зарядки. Некоторые из них мощнее и быстрее, а другие более эргономичные и простые в использовании. Кроме того, в большинстве современных EV больше не используется литий-ионный аккумулятор. Вместо него чаще используются литий-железо-фосфатные (LiFePO₄) [4]. Эти аккумуляторы менее чувствительны к изменению температуры и несут меньший риск взрыва из-за незначительных колебаний напряжения в течение коротких периодов времени.

Развитие зарядной инфраструктуры является важным аспектом успешного внедрения EV. Принятие единых стандартов, развитие сетевой инфраструктуры, популяризация быстрой зарядки и обеспечение информационной поддержки – ключевые меры, способствующие росту электромобильной индустрии и устойчивой экологической обстановки в транспортной системе.

Источники

1. Di Rienzo, R.; Nicodemo, N.; Roncella, R.; Saletti, R.; Vennettilli, N.; Asaro, S.; Tola, R.; Baronti, F. Cloud-Based Optimization of a Battery Model Parameter Identification Algorithm for Battery State-of-Health Estimation in Electric Vehicles. *Batteries* 2023, 9, 486.

2. Benmouna A., Borderiou L., Becherif M. Charging Stations for Large-Scale Deployment of Electric Vehicles //Batteries. – 2024. – V. 10. – №. 1. – P. 33.

3. Повышение эффективности работы энергосистемы на основе развития зарядной инфраструктуры электромобилей / А.Н. Хуснутдинов, П.С. Лазарев, Р.А. Марданшина, О.З. Тоиров // Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы - 2022 (МНТК "ИМТОМ-2022"), 2022. – С. 319-323.

4. Khusnutdinov A. N. et al. Investigation of reactive power parameters in the elements of the power supply system //2022 4th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE). – IEEE, 2022. – P. 1-4.

УДК 621.314.12

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕЕЙ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ НА ОСНОВЕ ТРАНСФОРМАТОРА

Кинёв Данил Вячеславович

Науч. рук. к.т.н., доцент Аухадеев Авер Эрикович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
danil.kineff@yandex.ru

В статье предложена разработка системы управления батареей электромобиля за счет трансформатора. Представлен результат в виде анализа, выполненных на основе обзора литературы.

Ключевые слова: трансформатор, аккумуляторная батарея, электромобиль.

TRANSFORMER-BASED ELECTRIC VEHICLE BATTERY MANAGEMENT SYSTEMS

Kinev Danil V.

Scientific advisor Auhadeev Aver E.
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
danil.kineff@yandex.ru

The article proposes the development of an electric vehicle battery management system using a transformer. The result is presented in the form of an analysis based on a literature review.

Keywords: transformer, rechargeable battery, electric vehicle.

Разработка системы управления аккумуляторной батареей электромобиля на основе трансформатора может быть интересным подходом для оптимизации энергопотребления, эффективности зарядки и безопасности [1].

В методе пассивного равновесия каждый элемент батареи подключен к нагрузке, резистор подключен к переключателю. Эта пассивная схема разряжает отдельные выбранные элементы. Метод пассивной коррекции позволяет выравнивать заряды отдельных элементов батареи, что особенно полезно для предотвращения перегрузки во время зарядки.

Несмотря на то, что пассивная схема проста в структуре и более экономична, у нее есть недостатки. Она способна лишь выравнивать заряды элементов и в процессе балансировки избыточная энергия теряется в виде тепла, что снижает общую эффективность системы и увеличивает энергопотребление. Для снижения энергопотребления в некоторых случаях система ограничивает разряд элементов только небольшим током, например, около 100 мА. Это может привести к длительному процессу выравнивания зарядов, который может занимать несколько часов [2].

Существует большое количество способов балансировки батарей, которые используют конденсаторы для передачи энергии. Использование конденсаторов в таких методах требует огромного количества переключателей для их подключения ко всем элементам батареи.

Более эффективным подходом является применение активной балансировки на основе индуктивности, где основным компонентом является трансформатор. Трансформатор выполняет функцию передачи энергии между отдельными элементами батареи и построен по принципу обратногоходового трансформатора. Схема соединения выглядит так:

- а. Первичная катушка подключена ко всей батарее.
- б. Вторичная обмотка подключена к каждому элементу батареи.

Это решение позволяет полностью балансировать заряды и разряды в реальном времени во время работы аккумулятора, обеспечивая максимальное использование каждого элемента. Батарея может быть полностью заряжена и разряжена, а также поддерживать одинаковое напряжение во время циклов зарядки и разрядки. Поэтому, емкость каждой батареи в аккумуляторном блоке может быть оптимально использована [3].

Для управления системой активного выравнивания батареи электромобиля используется микроконтроллер XC886CM с архитектурой 8-бит. Этот микроконтроллер оснащен 8-канальным 10-битным аналого-

цифровым преобразователем (ADC), который позволяет удобно собирать данные о напряжении и температуре каждой ячейки батареи [4].

Сравнение нескольких методов управления аккумуляторной батареей электромобиля на основе трансформатора показано на рисунке.

Method Feature	Passive (Resistive)	Active	
		Capacitive	Inductive
TOP Balancing (Charge)			
Bottom Balancing (Discharge)			
Measurement Internal Resistance			
Balancing Power (typically used)	100 mA	0.5 – 1.5 A	2 – 10 A
Balancing between Blocks			

Сравнение нескольких методов управления.

Метод активного выравнивания с использованием трансформатора обеспечивает более эффективное и точное управление зарядом и разрядом батареи, повышая ее производительность и продолжительность службы. Кроме того, этот метод помогает предотвратить неравномерный износ аккумуляторов, что способствует сохранению их емкости на более длительный срок, значительно сокращает энергопотребление на процесс выравнивания и помогает уменьшить потребность в охлаждении системы [5].

Источники

1. Автономная зарядная станция для электромобилей / Б. И. Сафиуллин, Д.И. Тухбатуллина, Р. А. Рашитова, А.Э. Аухадеев // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике: матер. XV Всерос. открытой молод. науч.-практ. конф. Казань: КГЭУ, 2020. С. 81–83 (дата обращения 24.02.2024).

2. Что такое зарядная станция для электромобиля, ее особенности и виды [Электронный ресурс]: URL: <https://1electrocar.ru/princip/zaryadnayastanciya.html> (дата обращения 24.02.2024).

3. Электрический аккумулятор [Электронный ресурс]: Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Электрический_аккумулятор.

4. Liu, Z., & Wang, W. (2017). Development of battery management system based on transformer-isolated active balancing technology for electric vehicles. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 66(3), 2231-2240.

5. Guo, Z., Wang, X., & Li, K. (2018). Transformer-based active balancing for battery management system of electric vehicles. In 2018 IEEE Transportation Electrification Conference and Expo (ITEC) (pp. 1-6). IEEE.

УДК 621.33

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННЫМ ТЯГОВЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ГУСЕНИЧНОГО ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Ле Кхак Тхинь

Науч. рук. к.т.н, доцент Авер Эрикович Аухадеев
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
thinhlk@vlute.edu.vn

Рассмотрены вопросы моделирования системы управления тяговым электроприводом, предназначенного для использования на гусеничных платформах роботизированных электротехнических комплексов, в том числе и беспилотных, характеризующихся работой тяговых электродвигателей в сложных условиях эксплуатации и нагрузок. Предложена структурная схема скользящего регулятора, для которого оценка потока ротора осуществляется с использованием нейронной сети. Проведено моделирование системы управления при использовании нейросетевых моделей в среде MATLAB Simulink.

Ключевые слова: гусеничный электротехнический комплекс, тяговый электропривод, тяговый асинхронный электродвигатель, система управления тяговым электроприводом, искусственные нейронные сети.

CONTROL SYSTEM FOR AN ASYNCHRONOUS TRACTION ELECTRIC DRIVE OF A TRACKED ELECTRICAL COMPLEX USING AN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

Le Khac Think

Scientific advisor Auhadeev Aver E.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

thinklk@vlute.edu.vn

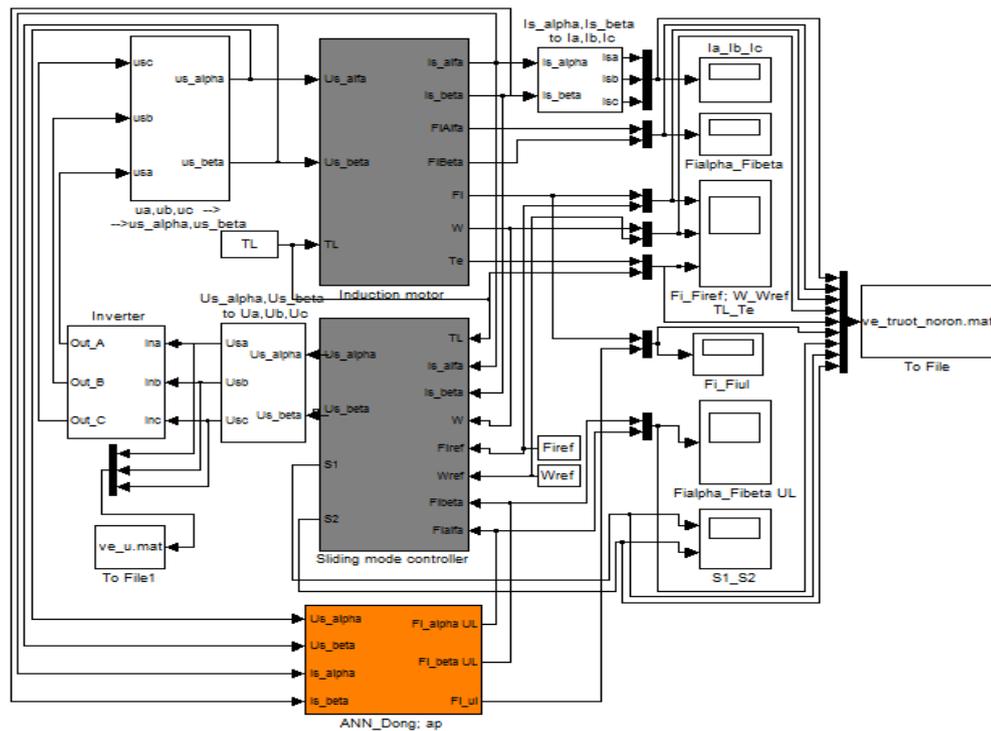
The issues of modeling a control system for a traction electric drive intended for use on tracked platforms of robotic electrical systems, including unmanned ones, characterized by the operation of traction electric motors under difficult operating conditions and loads, are considered. A block diagram of a sliding regulator is proposed, for which the rotor flux is estimated using a neural network. The control system was modeled using neural network models in the MATLAB Simulink environment.

Keywords: tracked electrical complex, traction electric drive, traction asynchronous electric motor, traction electric drive control system, artificial neural networks.

В настоящее время, все чаще используют роботизированные транспортные электротехнические комплексы для решения различных задач, таких как низовой осмотр, удаленный мониторинг, слежение, поисковые операции и многое другое, что особенно актуально для условий повышенной техногенной опасности. При этом исследования показывают, что необходим поиск эффективных систем управления для обеспечения работы тяговых электродвигателей в сложных условиях эксплуатации таких комплексов, с учетом их автономности и сложности, а также широкого диапазона внешних воздействий и тяжелых нагрузок.

На сегодняшний день широко признаны преимущества использования метода скользящего управления для управления тяговым асинхронным электродвигателем. При этом ограничение этого метода состоит в том, что при большой нагрузке на регулятор отклики магнитного потока и скорости достаточно медленные, что приводит к перерегулированию и ошибке настройки. При этом эффективным методом ограничения времени отклика, перерегулирования и установившейся ошибки может быть использование нейросетевого регулятора для более плавного пуска двигателя. В настоящее время, перспективными являются разработки систем управления, которые используют для оценки потока ротора при управлении тяговым электродвигателем нейронные сети [1-2].

Имитационная модель управления трехфазным асинхронным тяговым электродвигателем с использованием искусственной нейронной сети, разработанная в среде MATLAB Simulink, представлена на рис. 1. В таком случае применение инвертора и алгоритма управления скольжением обеспечивает управление моментом тягового асинхронного двигателя для автономного мобильного роботизированного электротехнического комплекса на гусеничном ходу [3-4].



Имитационная модель для метода скользящего управления с датчиком потока ротора при использовании нейронной сети

Рассмотренные в статье принципы управления позволят повысить эффективность регулирования тяговых трехфазных асинхронных электродвигателей, используемых в составе тягового электропривода, предназначенного для использования на автономных мобильных гусеничных платформах роботизированных электротехнических комплексов, в том числе и беспилотных [5].

Источники

1. Wilfrid Perruquetti, Sliding Mode Control In Engineering, MARCEL DEKKER INC, 2002, pp 391 - 403.
2. K. L . SHI, T . F. CHAN, Y. K. WONG and S. L . HO, “Modelling And Simulation of The Three Phase Induction Motor Using Simulink”, Vol. 36, Manchester U.P., 1999, pp. 163-172.

3. M.N. Cirstea, A. Dinu, J.G. Khor, M. McCormick, Neural and Fuzzy Logic Control of Drives and Power Systems, Act 2002, p. 161 – 227.

4. Kais JAMOSSI, Mohamed OUALI and Hassen CHARRADI, A Sliding Mode Speed Control of an Induction Motor, American Journal of Applied Sciences 4(12): 987-994, 2007.

5. Nguyen Phung Quang, “Matlab & Simulink”, Hanoi Science and Technology Publishing House 2008, pp. 123 – 135.

УДК 621.331.5

АНАЛИЗ ТИПОВ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

Матвеев Евгений Васильевич¹, Антипанова Ирина Сергеевна²

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Аухадеев Авер Эрикович

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹fastercup@gmail.com, ²Antipanova_irina@mail.ru

В статье изучены различные типы аккумуляторных батарей, предназначенных для использования в электромобилях. Выявляются основные преимущества и недостатки каждого типа при их сравнении. Выделяется оптимальный вариант аккумуляторной батареи для электромобилей с учетом климатических особенностей Республики Татарстан.

Ключевые слова: энергоемкость, тяговая аккумуляторная батарея, электромобиль.

ANALYSIS OF BATTERY TYPES ELECTRIC VEHICLES IN OPERATION IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Matveev Evgeniy V.¹, Antipanova Irina S.²

Scientific advisor Auhadeev Aver E.

^{1,2}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹fastercup@gmail.com, ²Antipanova_irina@mail.ru

The article examines various types of rechargeable batteries intended for use in electric vehicles. The main advantages and disadvantages of each type are revealed when comparing them. The optimal battery option for electric vehicles is highlighted, taking into account the climatic features of the Republic of Tatarstan.

Keywords: energy consumption, traction battery, electric vehicle.

С каждым годом усиливается необходимость в решении проблемы охраны и поддержания экологического равновесия. Эта проблема касается не только отдельных территорий и регионов Российской Федерации, но также охватывает весь мир. Современное общество сталкивается с множеством глобальных вызовов, в числе которых особенно выделяются экологические проблемы, такие как "парниковый эффект" и "озоновые дыры".

Электромобиль представляет собой одно из разнообразных решений проблемы. Ведь электроэнергию можно получать различными методами, включая солнечную, ветровую, гидроэнергию, а также энергию, вырабатываемую мирными атомами[1].

Аккумуляторная батарея (АКБ) является непременной составляющей электрического транспорта. Она предоставляет хранилище энергии, необходимой для работы двигателя и обеспечения нормального функционирования автомобиля. Этот ключевой элемент применяется как источник питания для электродвигателей в аккумуляторных электромобилях (BEV) и гибридных электромобилях (HEV). В настоящее время различают 4 основных типа АКБ для электромобилей, технико-эксплуатационные характеристики которых приведены в таблице 1 [2].

Таблица 1

Технические характеристики АКБ

Характеристики	Литий-ионные	Литий-воздушные	Литий-серные	Алюминий-ионные
Типы АКБ				
U	2,2-4,5 В	1-12 В	1,6-2,4 В	2 В
Удельная энергоёмкость	110-260 Вт·ч/кг	1150Вт·ч/кг	1800 Вт·ч/кг	140-165 Вт·ч/кг
R	3-15 МОм	н/д	н/д	20-500 кОм
N (циклов)	650	750	1000	200000
t (заряда)	5 ч	н/д	30 минут	< 1 минуты
Саморазряд (% от ном. значения)	1,5%/месяц	3500 циклов	10% после 1600 циклов	8% после 200000 циклов
Диапазон рабочих температур	от -25 °С до +60 °С (оптимальная +23 °С)	От -60°С до +35 °С	от -40 °С до +50 °С	от -40 °С до +100 °С
Срок эксплуатации	До 10 лет	10-15 лет	3-4 года	35 лет

Территория Республики Татарстан характеризуется умеренно-континентальным типом климата средних широт, с теплым летом и умеренно-холодной зимой. На основе анализа данных, представленных в таблице 1, и учета метеорологических сведений, приходим к заключению, что наилучшим выбором для АКБ электрокаров будут литий-ионные аккумуляторы. Эти аккумуляторы обеспечивают высокую производительность, как в условиях теплого лета, так и в условиях умеренно-холодной зимы, что особенно важно для обеспечения стабильного функционирования электрокаров на территории региона.

Зарядные станции в Республике Татарстан тщательно распределены, охватывая Казань, крупные города и транспортные магистрали. Этот развитый инфраструктурный подход не только способствует экологической сохранности, но также предоставляет владельцам электромобилей экономически выгодное решение[3].

Для более детального понимания выгоды использования данного типа АКБ, проведем анализ средней экономии затрат на эксплуатацию двух автотранспортных средств. Учтем материальные затраты на каждые 100 км в соответствии с данными, представленными в таблице 2.

Таблица 2

Сравнительная характеристика стоимости эксплуатации ТС

Тип автомобиля	Модель	Мощность, л.с.	Крутящий момент, Н·м	Единица ресурса	Стоимость ресурса, руб.	Общая стоимость, руб.
Электро-мобиль	Tesla Model Y	345	254	кВт	7	140
Бензиновый	BMW 540I	340	450	литр	53	477

На основании данных таблицы 4 видно, что эксплуатация электромобиля значительно выгоднее, чем бензинового на 337 рублей или в 3,4 раза.

Источники

1. Карамян О.Ю., Чебанов К.А. Электромобиль и перспективы его развития // Фундаментальные исследования, 2015. № 15. 696 с.

2. Оспанбеков Б.К. Оптимизация ресурсопределяющих эксплуатационных режимов тяговых аккумуляторных батарей электромобилей: дисс. канд. техн. наук. М., 2017. 170 с.

3. Юсупова И.В. О необходимости разработки государственной программы «Развитие зарядной инфраструктуры для транспортных средств с электродвигателями в Республике Татарстан» // Россия: тенденции и перспективы развития, 2022. № 1. 6 с.

УДК 681.5

СИСТЕМЫ И МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Михайловский Антон Евгеньевич

Науч. рук. д-р техн. наук, доцент Хизбуллин Роберт Накибович

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

mikhaylovskiyanton@gmail.com

В данной статье рассмотрены различные методы диагностики состояния, используемые для отслеживания динамики железнодорожных транспортных средств. Представлены методы на основе модели, такие как фильтры Калмана, расширенный фильтр Калмана и последовательный метод Монте-Карло с фильтром частиц, которые применяются для оценки динамики систем железнодорожных транспортных средств. Также описаны методы на основе сигналов, такие как полосовой фильтр, спектральный анализ, вейвлет-анализ и быстрое преобразование Фурье, которые используются для обнаружения неисправностей колёс.

Ключевые слова: фильтры Калмана, диагностика, метод Монте-Карло, обнаружение неисправностей, полосовой фильтр, быстрое преобразование Фурье.

SYSTEMS AND METHODS FOR DIAGNOSTICS OF RAILWAY TRANSPORT

Mikhaylovskiy Anton E.

Scientific advisor Khizbullin Robert N.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

mikhaylovskiyanton@gmail.com

This article discusses the various state diagnostics methods used to track the dynamics of railway vehicles. Model-based methods are presented, such as Kalman filters, extended

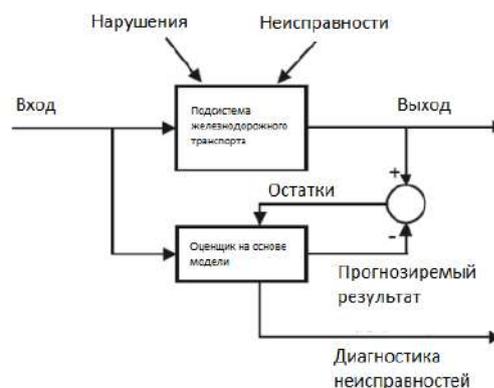
Kalman filter, and sequential Monte Carlo method with particle filter, which are used to estimate the dynamics of railway vehicle systems. Signal-based methods such as band-pass filter, spectral analysis, wavelet analysis and fast Fourier transform are also described, which are used to detect wheel faults.

Keywords: Kalman filters, diagnostics, Monte Carlo method, fault detection, bandpass filter, fast Fourier transform.

XXI век приносит настоятельную потребность в железнодорожной промышленности, где растёт потребность на повышение эффективности и качества услуг. В современных условиях спрос на пассажирские перевозки железнодорожным транспортом становится все более высоким, требуя доступных и надёжных услуг. Поскольку железные дороги играют ключевую роль в стимулировании экономического роста, законодатели настаивают на устойчивом развитии этой отрасли. Эти вызовы также открывают двери для инвестирования в передовые технологии.

Методы на основе модели

Методы на основе модели предпочтительны, когда нет прямых измерений параметров, но имеется доступ к связи между входными и выходными сигналами. Методы диагностики на основе модели были использованы для выявления неисправностей в динамических системах путём оценки остатков. Один из особенно интересных методов среди методов на основе модели – это метод проектирования фильтра обнаружения неисправностей на основе наблюдателя (см. рисунок). Методы на основе наблюдателя эффективны при обнаружении отказов датчиков, исполнительных механизмов и компонентов системы, но вызывают затруднения при применении к системам, подверженным неизвестным воздействиям и неопределённости модели.



Метод обнаружения неисправностей на основе наблюдателя

Наиболее изученным методом для оценки динамических систем с использованием наблюдателя для обнаружения неисправностей является фильтр Калмана (KF) для линейных систем и расширенный фильтр Калмана (ЕКФ) для нелинейных стохастических систем [1]. В настоящее время фильтр Калмана является одним из наиболее популярных методов для оценки состояния и параметров. Он использует измерения, линейно связанные с состоянием, и матрицы ковариации ошибок для создания коэффициента усиления, называемого коэффициентом Калмана. Этот коэффициент применяется к предварительной оценке состояния, создавая апостериорную оценку.

Метод Монте-Карло:

Другой метод – последовательный метод Монте-Карло (также известный как частицы), который в принципе использует байесовский подход для оценки состояний и параметров, при котором пытаются точно представить функцию распределения вероятностей параметров интереса. Хотя он относительно нов, он принял множество форм на протяжении многих лет, что сделало его популярным, особенно для решения задач оценки для нелинейных систем. [2]

Также нельзя не упомянуть метод прогностических моделей, разработанные Шафиуллой и др. [3] с использованием алгоритмов регрессии, были использованы для изучения вертикального ускорения поведения железнодорожных вагонов, присоединённых к движущемуся локомотиву с использованием современных методов машинного обучения. Различные типы моделей были построены с использованием одной и той же платформы для оценки их производительности. Набор атрибутов, используемых для оценки алгоритма оценки, включает: коэффициент корреляции, среднеквадратичную ошибку, среднюю абсолютную ошибку, корень относительной квадратичной ошибки, относительную абсолютную ошибку и вычислительную сложность.

Источники

1. Kalman R. A new approach to linear filtering and prediction problems Transactions of the ASME //Journal of Basic Engineering. – 1960. – P. 35 – 45
2. Li P. et al. Estimation of railway vehicle suspension parameters for condition monitoring //Control engineering practice. – 2007. – V. 15. – №. 1. – P. 43 – 55

3. Shafiullah G. et al. Predicting vertical acceleration of railway wagons using regression algorithms //Intelligent Transportation Systems IEEE Transactions. – 2010. – V. 11. – P. 290 – 299

УДК 621.315.1

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ОГРАНИЧИТЕЛЯ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ

Ндикурийо Осер

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Ярославский Данил Александрович

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

ndikuriyooser@gmail.com

В этой статье рассматривается влияние размера радиуса и высоты экрана громоотвода на распределение электрического поля. В зависимости от размера радиуса экрана молниеотвода распределение электрического поля может быть увеличена или уменьшена. Именно поэтому эта задача выполнена в Comsol multiphysics, чтобы узнать больше параметров. Решение этой проблемы обеспечивает безопасность оборудования, а также обеспечивает надежность воздушных линий электропередачи.

Ключевые слова: радиус, высота, экран молниеотвода, сохранность оборудования, надежность, воздушные линии электропередач.

THE OPTIMIZATION OF SURGE ARRESTOR SHIELD SYSTEM

Ndikuriyo Oser

Scientific advisor Yaroslavsky Danil A.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

ndikuriyooser@gmail.com

This article examines the influence of the size of the radius and height of the lightning rod screen on the distribution of the electric field. Depending on the size of the radius of the lightning rod screen the distribution of the electric field can be increased or decreased. This is why this task was completed in COMSOL Multiphysics to find out more parameters. Solving this problem ensures the safety of equipment and ensures the reliability of overhead power lines.

Keywords: radius, height, lightning rod screen, equipment safety, reliability, overhead power lines.

Ограничители перенапряжения, обычно называемые сетевыми фильтрами, представляют собой устройства, предназначенные для

перехвата и отвода чрезмерных скачков напряжения от чувствительного оборудования. Эти устройства защиты от перенапряжения действуют как первая линия защиты, безопасно направляя скачки высокой энергии на землю [1].

ограничители перенапряжения работают по принципу нелинейного сопротивления. В нормальных условиях эксплуатации они сохраняют высокое сопротивление, обеспечивая постоянный ток электрического тока. Однако при возникновении внезапного скачка сопротивления сопротивление сетевого фильтра значительно падает, создавая путь с низким импедансом для безопасного рассеивания избыточной энергии [2].

Размер радиусов вершины молниеотвода определяется принципом уменьшения электрического поля. Чем меньше радиус, тем выше концентрация электрического поля, необходимая для предотвращения попадания молний в защищаемую конструкцию [3].

Увеличение радиуса наконечника громоотвода может фактически снизить его эффективность. Большой радиус приведет к более низкой концентрации электрического поля, что сделает стержень менее эффективным при привлечении ударов молнии [4].

Хотя меньшие радиусы наконечников громоотводов могут показаться менее безопасными, на самом деле они предназначены для безопасной работы с высоким напряжением удара молнии. Небольшой радиус позволяет создать более концентрированное электрическое поле, что помогает рассеять энергию удара и предотвратить повреждение защищаемой конструкции [5].

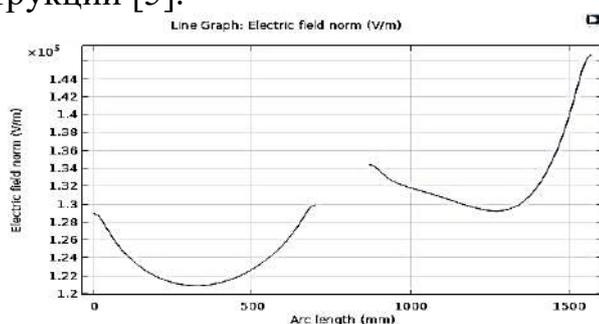


Рис. 1. Распределение электрического поля с радиусом 40 мм

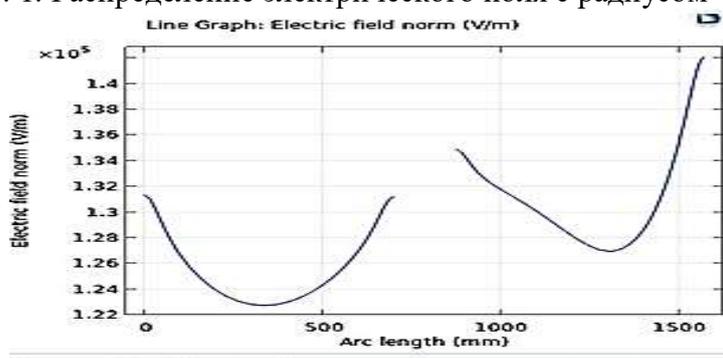


Рис. 2. Распределение электрического с радиусом 50 мм

На рисунках, показан линейный график распределения электрического поля на сетевом фильтре высокого напряжения с небольшим радиусом защиты от перенапряжения 40 мм. Результирующее максимальное электрическое поле составляет 147 кВ/м, как показано на рисунке 1. Увеличив малый радиус до 50 мм, максимальное электрическое поле уменьшается до 142 кВ/м, как показано на рисунке 2. Что примечательно в этой статье, так это то, что с увеличением малого радиуса экрана максимальное электрическое поле уменьшается, и в этом случае мы имеем хороший уровень регулярности.

При увеличении большого радиуса или высоты экрана будет увеличиваться и максимальное электрическое поле, в этом случае получается большой уровень аномальной регулярности.

Короче говоря, чтобы уменьшить максимальное электрическое поле, необходимо увеличить малый радиус экрана.

Источники

1. Jana S., Biswas P. K., & Sain C. Mathematical modeling of impulse island controller to safely store the energy from high-voltage lightning impulse. *Energy Storage*, 2022, vol. 4, no 4, p. e325.

2. Cao J., Du Y., Ding Y., Lyu J., Qi R., Chen M., & Andreotti A. Lightning protection with a differentiated arrester configuration for distribution networks using a multi-objective optimization procedure. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 2023.

3. Элчиева М.С., Карыбекова Б.К., & Шумкаров М.повышение пропускной способности воздушной линии электропередач с помощью устройства продольной компенсации. *research focus*, 2023, vol. 2, no 1, p. 131-135.

4. DJEDIDI I. Optimisation Des Performances Du Réseau Électrique de Distribution Par Des Méthodes Évolutionnaires. 2023. Thèse de doctorat. Université Mohamed Khider Biskra.

5. Said A., Ezzat M., Abd-Allah M.A., Fouda M.M., & Abouelatta M.A. Optimization-based mitigation techniques of the temporary overvoltage in large offshore wind farm. *IEEE Access*, 2023, vol. 11, p. 6320-6330.

ЭЛЕКТРОМОБИЛИ, ИСПОЛЬЗУЮЩИЕ СОЛНЕЧНУЮ ЭНЕРГИЮ

Репин Георгий Игоревич ¹, Ахмедова Элиза Ровшановна ²

Науч. рук. доцент Аухадеев Авер Эрикович

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹ repinjora@yandex.ru, ² eliza_black02@mail.ru

В статье рассматривается проблема внедрения электромобилей работающих на солнечной батарее. Изучаются принцип использования солнечной энергии для зарядки электромобилей, такой как солнечная батарея. Также целью данной статьи обсуждение плюсов и минусов такого вида зарядки.

Ключевые слова: электрический транспорт, солнечная батарея.

ELECTRIC VEHICLES USING SOLAR ENERGY

Repin Georgy I. ¹, Akhmedova Eliza R. ²

Scientific advisor Auhadeev Aver E.

^{1,2} KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹ repinjora@yandex.ru, ² eliza_black02@mail.ru

The article deals with the problem of the introduction of electric vehicles powered by a solar battery. The principle of using solar energy to charge electric vehicles, such as a solar battery, is being studied. The purpose of this article is also to discuss the pros and cons of this type of charging.

Keywords: electric transport, solar battery.

Многие мечтают о возможности ездить на автомобиле, который не требует постоянной заправки бензином или подзарядки от розетки. Теоретически это возможно, но насколько реалистично создание автомобиля, работающего исключительно на солнечной энергии, и почему такие машины пока не встречаются на дорогах. Электричество для электромобилей можно получать из различных источников. Можно использовать ископаемое топливо, но это приводит к загрязнению окружающей среды. Более экологически чистые альтернативы включают солнечную, ветровую и гидроэнергию. Например, в Германии уже используется 25% электроэнергии, получаемой из ветра, и 10% - из солнечной энергии. Солнце — это источник энергии, который не требует

постоянного обслуживания и, вероятно, будет доступен в течение долгого времени. На квадратный метр поверхности в средневропейской полосе солнце излучает примерно один киловатт энергии. Предположим, у нас есть электромобиль площадью десять квадратных метров. Это означает, что за один час солнце излучает на поверхность машины десять киловатт-часов энергии. Например, при поездке на работу туда и обратно в сумме сто километров, потребуется около 10 киловатт-часов энергии. Таким образом, в теории солнечной энергии, собранной с поверхности этой машины, хватит, чтобы вообще не подзаряжать ее от розетки.

Однако важно уметь конвертировать солнечную энергию в электричество. Самый распространенный способ преобразования солнечной энергии - использование солнечных батарей [1]. Они были изобретены еще в 1948 году. Они применяются во множестве устройств, включая транзисторные приемники и космические аппараты. Идея интеграции солнечных панелей в автомобили не нова. Например, с 1987 года в Австралии проводятся гонки на солнечных электромобилях [2]. Такие концепты также становятся все популярнее на автовыставках. Примером такого подхода является Toyota Prius с солнечной зарядкой, представленной на рисунке.



Электромобиль Toyota Prius с солнечной зарядкой на крыше

Хотя, сейчас такие технологии обычно используются в экспериментальных проектах или специальных гонках на солнечных электромобилях, они все больше привлекают внимание

автопроизводителей и могут стать более широко распространенными в будущем.

Вопрос о том, почему пока что нет массового производства автомобилей, работающих на солнечной энергии, имеет несколько ответов. Основная проблема касается коэффициента полезного действия солнечных батарей, который в среднем составляет около 15%. Высокоэффективные панели могут достигать до 25%, но даже при этом вытекают значительные потери энергии из-за неидеального угла и формы машины [3]. Интеграция солнечных панелей также сталкивается с проблемами охлаждения и защиты от повреждений, что увеличивает сложность и стоимость ремонта.

Несмотря на активные исследования и инвестиции в эту область, в настоящее время эффективность солнечных автомобилей ограничивается проблемами с практической реализацией. Однако, разработка таких транспортных средств продолжает оставаться перспективной и активно поддерживается инвесторами, что говорит о потенциальном будущем этой технологии.

Источники

1. Накопление и хранение солнечной энергии [Электронный ресурс]. [https://www.renwex.ru/ru/ii/nakoplenie-i-hranenie-solnechnoj-ehnergii/#:~:text=Солнечные%20батареи%20\(фотоэлектрические%20модули\)%20-,солнечный%20свет%20в%20электрический%20заряд](https://www.renwex.ru/ru/ii/nakoplenie-i-hranenie-solnechnoj-ehnergii/#:~:text=Солнечные%20батареи%20(фотоэлектрические%20модули)%20-,солнечный%20свет%20в%20электрический%20заряд)
2. В Австралии началась гонка машин на солнечной тяге [Электронный ресурс]. <https://habr.com/ru/articles/407289/>
3. Эффективность солнечных элементов [Электронный ресурс]. https://en.wikipedia.org/wiki/Solar-cell_efficiency

ПРИМЕНЕНИЕ В ЛАБОРАТОРНЫХ СТЕНДАХ НАЗЕМНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ СИСТЕМ ПЛАТФОРМЫ JETSON NANO

Сафиуллин Булат Ирекович¹, Антипанова Ирина Сергеевна²,

Вахитов Халил Фаритович³, Аухадеев Авер Эрикович⁴

^{1,2,3,4} ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹gougole2011@yandex.ru, ²antipanova_irina@mail.ru, ³auhadeev.ae@kgeu.ru,

⁴lilah20@mail.ru

В настоящее время наземные беспилотные системы (НБС) широко применяются для мониторинга окружающей среды и предприятий, в военной отрасли, сельском хозяйстве, вредных производствах, автоматизированных системах доставки грузов и людей. Для обслуживания обширной сферы беспилотных средств нужны не только технические средства, но и высококвалифицированный персонал, способный вести обслуживание, ремонт, диагностику и разработку беспилотных транспортных средств на всех этапах функционирования НБС. Поэтому одной из главных задач является создание современных методик и лабораторных стендов, позволяющих обучить практическим навыкам разработки беспилотных систем. В работе предлагается применение беспилотных платформ jetbot и jetracer в разработке программ управления беспилотников на языке python.

Ключевые слова: наземные беспилотные системы, нейронные сети, автоматическое управление, python, лабораторный стенд

APPLICATION OF JETSON NANO PLATFORM GROUND UNMANNED SYSTEMS IN LABORATORY STANDS

Safiullin Bulat I.¹, Antipanova Irina S.², Vakhitov Khalil F.³, Aukhadeev Aver E.⁴

^{1,2,3,4} KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹gougole2011@yandex.ru, ²antipanova_irina@mail.ru, ³auhadeev.ae@kgeu.ru,

⁴lilah20@mail.ru

Currently, ground-based unmanned systems are widely used in environmental and enterprise monitoring systems, in the military industry, agriculture, hazardous industries, automated delivery systems for goods and people. To service the vast field of unmanned vehicles, we need not only technical means, but also highly qualified personnel capable of maintaining, repairing, diagnosing and developing unmanned vehicles at all stages of the operation of the NBS. Therefore, one of the main tasks is to create modern methods and

laboratory stands that allow one to teach practical skills in the development of unmanned systems. The paper proposes the use of unmanned platforms jetbot and jetracer as the basis for the development of drone control programs in Python.

Keywords: ground unmanned systems, neural networks, automatic control, python, laboratory bench

Изучение основ наземных беспилотных средств (НБС) является важным для людей по ряду причин:

1. Применение в сфере безопасности: НБС используются в армии и правоохранительных органах для совершения разведки, охраны границ, обнаружения и нейтрализации угроз и других операций. Изучение основ НБС позволяет улучшить функциональность и эффективность таких средств, что способствует улучшению безопасности и защиты людей [1].
2. Развитие инфраструктуры: НБС могут использоваться для управления и мониторинга инфраструктуры, такой как дороги, мосты, электрические сети и т.д. Разработка и использование автономных систем позволяет более эффективно обнаруживать и устранять проблемы в инфраструктуре, что способствует повышению безопасности и ограничению негативных последствий возможных аварий [2].
3. Сельское хозяйство: НБС используются в сельском хозяйстве для мониторинга полей, контроля роста растений, распределения удобрений, обнаружения болезней и вредителей, а также для автоматического выполнения работ, связанных с посевом и уборкой урожая [3].
4. Промышленное применение: НБС находят применение в различных отраслях, таких как горная добыча, строительство, логистика и другие. Изучение основ НБС позволяет улучшить процессы в этих сферах, повысить производительность и эффективность, а также уменьшить риски для людей, выполняющих опасные работы.

Изучение основ наземных беспилотных средств помогает не только развитию современных технологий, но и содействует повышению уровня безопасности, развитию экономики и улучшению качества жизни.

JetBot - это открытая платформа наземного беспилотного робота, основанная на NVIDIA Jetson Nano [1, 4]. Данная платформа представляет ряд возможностей, а именно:

1. Обучение визуальному распознаванию: JetBot можно использовать для обучения компьютерному зрению и распознаванию объектов. С его помощью можно создать модель машинного обучения, способную распознавать и классифицировать объекты в реальном времени.

2. Автономная навигация: JetBot может быть обучен автономному перемещению в пределах определенной среды. Он может использовать свои камеры и сенсоры для оценки окружающей обстановки и принятия решений о маршруте.
3. Основы программирования: JetBot является отличной платформой для изучения основ программирования и разработки робототехнических проектов. С его помощью можно писать код на языке Python и использовать различные библиотеки машинного обучения и компьютерного зрения [5].
4. Лабораторный стенд на базе jetson может быть оснащен различными датчиками и актуаторами, позволяющими проводить эксперименты и тестирование в различных областях, таких как навигация, обнаружение объектов, исследование окружающей среды.

Источники

1. Создание беспилотной мобильной платформы на базе микрокомпьютера Nvidia Jetson Nano / И. В. Токтаров, Э. А. Мухамедзянов, Р. Р. Мухаметзянов [и др.] // Тинчуринские чтения - 2023 "Энергетика и цифровая трансформация" : Том 1. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2023. – С. 505-508.
2. Череповский, А. В. Беспилотники и роботы в наземной сейсморазведке / А. В. Череповский // Сейсмические технологии- 2017 : материалы научно-практической конференции, Москва: ООО «Издательство Полипресс», 2017. – С. 55-58.
3. Робототехника и агрохимическое обеспечение растениеводства / В. Г. Сычев, Р. А. Афанасьев, З. А. Годжаев [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2016. – № 9. – С. 40-43.
4. Датчики расстояния и их использования на наземных беспилотниках для идентификации и преодоления препятствий / М. М. Мартиросян, И. Г. Благовещенский, Е. А. Назойкин [и др.] // Интеллектуальные системы и технологии в отраслях пищевой промышленности : Сборник материалов конференции, Москва, 2019. – С. 110-114.
5. Yesmagambet, N. A. Implementation GStreamer framework with face detection system for Unmanned Aerial Vehicle / N. A. Yesmagambet // Bulletin of the Karaganda University. Mathematics Series. – 2016. – No. 2(82). – P. 121-127.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АНАЛИЗА КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СИСТЕМЕ ДИАГНОСТИКИ ЗАРЯДНЫХ СТАНЦИЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Сафиуллин Булат Ирекович¹, Аухадеев Авер Эрикович², Тюгелев Эдгар Николаевич³,
Стародубец Артём Андреевич⁴

^{1,2,3,4}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹gougle2011@yandex.ru, ²auhadeev.ae@kgeu.ru, ^{3,4}et-kgeu@yandex.ru

Одним из приоритетных направлений электромобильного транспорта является развитие инфраструктуры зарядных станций постоянного и переменного тока. Как и любой электротехнический комплекс зарядные станции необходимо диагностировать как на этапах разработки, так и на этапе эксплуатации. В связи с этим ведутся разработки диагностических комплексов зарядных станций, позволяющие унифицировать и оптимизировать процесс диагностики и обслуживания зарядных станций. Предлагаемые в работе технические решения могут быть использованы как основа системы диагностики зарядных станций постоянного и переменного тока высокой мощности.

Ключевые слова: зарядная станция, зарядная сессия, диагностика, качество электроэнергии.

DEVELOPMENT OF SMALL WIRELESS DATA COLLECTION SYSTEMS IN ELECTROMECHANICAL COMPLEXES AND SYSTEMS

Safiullin Bulat I.¹, Aukhadeyev Aver E.², Tyugelev Edgar N.³, Starodubets Artyom A.⁴

^{1,2,3,4}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹gougle2011@yandex.ru, ²auhadeev.ae@kgeu.ru, ^{3,4}et-kgeu@yandex.ru

One of the priority areas of electric vehicle transport is the development of infrastructure for DC and AC charging stations. Like any electrical complex, charging stations must be diagnosed both at the development and operational stages. In this regard, the development of diagnostic complexes for charging stations is underway, making it possible to unify and optimize the process of diagnosing and servicing charging stations. The technical solutions proposed in the work can be used as the basis for a diagnostic system for high-power DC and AC charging stations.

Keywords: charging station, charging session, diagnostics, power quality.

Переход с двигателей внутреннего сгорания на электрическую тягу является одним из главных способов снижения выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду. Электромобили и другие виды транспорта, которые работают на электрической энергии вместо топлива, значительно сокращают выбросы парниковых газов, таких как CO₂, и других загрязняющих веществ.

Основным препятствием к развитию рынка электромобилей в России является высокая стоимость электромобилей, малое количество специализированных пунктов технического обслуживания, малоразвитая зарядная инфраструктура, тяжелые, по меркам электромобилей, погодные условия и большие расстояния между населенными пунктами.

Согласно программе развития производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года, планируется запуск значительного количества зарядных станций. К концу 2024 года планируется запуск не менее 9,4 тысяч зарядных станций, а к концу 2030 года - уже 72 тысячи зарядных станций [1].

Кабинет Министров Республики Татарстан в своем приказе № 267-р от 16 февраля 2021 года утвердил программу развития зарядной инфраструктуры в республике. Одной из ключевых задач этой программы является создание научно-исследовательской лабораторной базы на Казанском государственном энергетическом университете. Эта база будет заниматься проектированием и диагностикой зарядных станций и электромобилей, а также подготовкой специалистов для работы с ними. Производители зарядных станций и электромобилей также будут объединены для решения научно-технических задач.

В связи с этим, важным является создание приборов и производственных технологий для контроля параметров и диагностики элементов зарядной инфраструктуры. Это позволит обсуживать зарядные станции на этапах производства и технического обслуживания. Такие разработки особенно актуальны в условиях политики импортозамещения, когда стремятся развивать отечественное производство и технологии [2].

Главным силовым звеном в системе заряда электромобиля (ЭМ) является силовой выпрямитель (СВ), выполненный на полупроводниковых ключах, преобразующий переменное трехфазное напряжение сети в постоянное напряжение, подаваемое на тяговый аккумулятор электромобиля. При этом СВ устанавливается как на ЭМ, при этом ЭМ подключается к станции переменного тока (стандарт SAE j1772 type1 и type2), так и на стороне зарядной станции (ЗС) постоянного тока (стандарт

СНАдеМО, ССС и GB/T). При этом мощность силового выпрямителя варьируется от 3 до 150кВт, а в системах заряда электробусов мощность СВ достигает 300кВт [3].

При выходе из строя или старения цепей фильтрации СВ импульсный режим работы данных СВ порождает во входной цепи СВ гармонические паразитные пульсации напряжений и токов, что ведет к искажению напряжения в питающей сети, что негативно сказывается на сторонних потребителях электроэнергии, подключенных к одной с ЗС линии электропитания[4].

Для своевременного выявления неисправности, способное внести искажения в цепи электропитания предлагается внедрение в данные цепи системы, способной производить диагностику и анализ качества электроэнергии в реальном времени. Данная система должна отслеживать следующие параметры: значения амплитуды и действующих значений токов и напряжений, коэффициент нагрузки, коэффициент не линейных искажений, асимметрию фаз, коэффициент гармоник. Измерение данных параметров позволит отслеживать износ силовых выпрямительных устройств, и своевременно производить ТО-1 – ТО-3 зарядных станций [5].

Источники

1. Перспективы внедрения зарядных электростанций на территории российской федерации Стародубец А.А., Валеева Г.Р. В сборнике: Тинчуринские чтения - 2022 "Энергетика и цифровая трансформация". Сборник статей по материалам конференции. Казань, 2022. С. 365-367.

2. Развитие инфраструктуры для электротранспорта в республике татарстан Стародубец А.А., Валеева Г.Р. В сборнике: XXVI Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный дню энергетика. Материалы докладов семинара. Казань, 2023. С. 276-279.

3. К вопросу о внедрении зарядных станций быстрой зарядки для электромобилей Стародубец А.М.А., Валеева Г.Р., Мухаметзянова Э.Г. В сборнике: XXV Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный Дню энергетика. Материалы конференции. В 3-х томах. Казань, 2022. С. 255-257.

4. Диагностический комплекс зарядных станций для электромобилей Сафиуллин Б.И., Аухадеев А.Э., Вахитов Х.Ф. В сборнике: Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве. Казань, 2023. С. 106-108.

5. Комплекс диагностики и поиска неисправностей зарядных станций для электромобилей Сафиуллин Б.И., Вахитов Х.Ф. В сборнике: XXVI Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный дню энергетика. Материалы докладов семинара. Казань, 2023. С. 270-273.

УДК 629.1

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ НА ПРИМЕРЕ VOLKSWAGEN ID.4 CROZZ PURE PLUS В Г.КАЗАНЬ

Севастьянов Егор Сергеевич

Науч. рук. к.т.н, доц. Павлов Павел Павлович

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

egor.sev.se@gmail.ru

На примере Volkswagen ID.4 CROZZ PURE PLUS, рассматриваются особенности перехода жителей г. Казань с автомобилями с двигателем внутреннего сгорания на электромобили. Цель работы — на примере определенной модели электромобиля оценить перспективы развития и имеющуюся инфраструктуру электромобильной отрасли в г. Казань. Практическая значимость заключается в ознакомлении и популяризации использования электромобильного транспорта и инфраструктурой, имеющей г. Казань.

Ключевые слова: электромобили, зарядная инфраструктура, экономика, Казань.

FEATURES OF OPERATION OF VOLKSWAGEN ID.4 CROZZ PURE PLUS IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN

Sevastyanov Egor S.

Scientific advisor Pavlov Pavel P.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

egor.sev.se@gmail.ru

Using the example of Volkswagen ID.4 CROSS PURE PLUS, the features of the transition of residents of Kazan from cars with an internal combustion engine to electric vehicles are considered. The purpose of the work is to evaluate the prospects for the development of the electric vehicle industry in Kazan using the example of a certain model of an electric car. The practical significance lies in familiarization and popularization of the use of electric vehicles and the infrastructure available in Kazan.

Keywords: electric vehicles, charging infrastructure, economy, ecology, Republic of Tatarstan.

Развитие электромобильной отрасли в Российской Федерации находится только на начальном этапе. Согласно Распоряжению Правительства Российской Федерации от 23.08.2021 № 2290-р в Российской Федерации была утверждена - Концепция по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта и зарядной инфраструктуры [1]. В соответствии с документом, к 2030 году объем потребления электромобилей составит 250 тыс. штук, также планируется установка 9 тыс. зарядных станций на территории Российской Федерации, к 2030 году — 72 тыс. штук (рис. 1).

В самой Казани по данным пресс-службы Управления Госавтоинспекции МВД по Татарстану на 1 января 2024 года зарегистрировано 255 транспортных средства, оснащенных только электрическим двигателем. Это в два раза больше, чем на аналогичную дату 2023 года.

Для стимулирования развития электромобилей с 2015 года владельцам данных транспортных средств предоставлено право бесплатного пользования муниципальными платными парковками, расположенными на улично-дорожной сети Казани

Также необходимо отметить, что Республика Татарстан участвует в федеральном проекте по развитию зарядной инфраструктуры для электромобилей [2]. За период 2022–2023 годов в Республике установили 141 зарядную станцию. В самой Казани за 2022-2023 году установлено 70 электрочарядных станций. Всего в городе для подзарядки экологичных автомобилей доступно более 80 мест (рис. 2).

Разберёмся, как заряжать данный вид транспорта на территории города на примере VOLKSWAGEN ID.4 CROZZ PURE PLUS.

Медленная зарядка – полный заряд за 12 часов. Для медленной зарядки необходим кабель Type 2, либо адаптер Type 2. Это зависит от того, есть ли на конкретной станции свой кабель - тогда используется переходник, или там только гнездо Type 2 – тогда применяется сам кабель.

Быстрая зарядка – полный заряд от 1,5 часов. Использовать быструю городскую зарядку на постоянной основе производитель не рекомендует, так как идет повышенный износ батареи. Используется подключение для постоянного тока (DC) – порт зарядки в данном автомобиле расположен справа [3].

Большинство из зарядных станций г. Казани, а именно 80%, оказались исправными, доступными и поддерживающие оба типа зарядки, 15% станций поддерживают только быструю зарядку. А 5% оказались на недоступных территориях.

Таким образом мы видим, что электромобильная инфраструктура Казани сейчас находится на достаточно высоком уровне развития по соотношению к количеству электромобилей в городе Казань. Да есть свои особенности, в частности особенности зарядки, описанные выше. Но с планомерным развитием отрасли, электромобильная инфраструктура в г. Казань должна только увеличиваться.

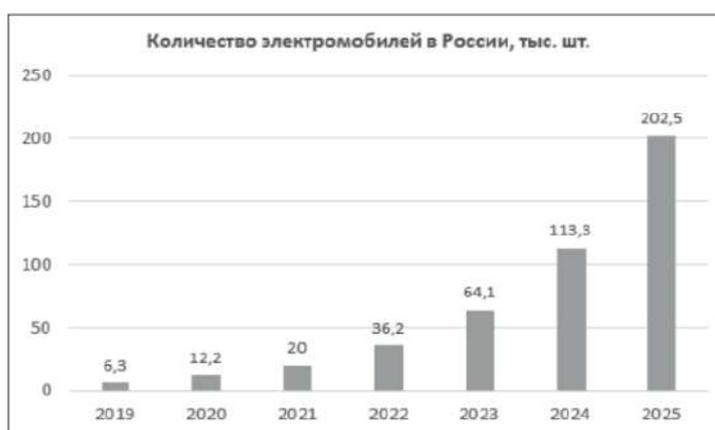


Рис. 1. Прогноз количества электромобилей в Российской Федерации при условии развития зарядной инфраструктуры

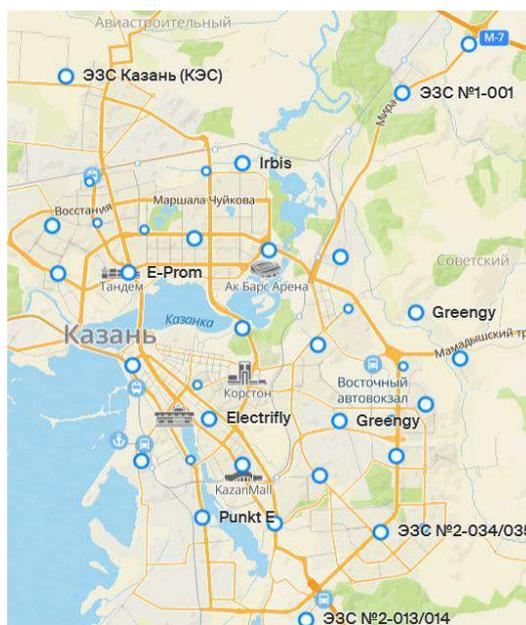


Рис. 2. Расположение зарядных станций в г. Казань

Источники

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 23 августа 2021 года № 2290-р «Об утверждении Концепции по развитию производства и использования электрического автомобильного транспорта в Российской Федерации на период до 2030 года» [Электронный ресурс].

2. Сафин А. Р. Развитие технологии мобильных зарядных станций для электромобилей / А. Р. Сафин, И. В. Ившин, А. Н. Цветков и др. // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2021.

3. Кашкаров А.П. Современные электромобили. Устройство, отличия, силовые установки. Издательство ДМК ПРЕСС, 2018. 92с

УДК 621.331

ЗНАЧЕНИЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ ЛИТИЙ-ИОННЫХ БАТАРЕЙ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ЭЛЕКТРОМОБИЛЯХ

Снежинская Ева Сергеевна

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Литвиненко Руслан Сергеевич

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

s.theses@mail.ru

Тезис описывает аспекты поведения литий-ионной батареи, необходимые на этапе проектирования, производства и применения. Литий-ионные аккумуляторы являются важным элементом в электромобилях, однако прогнозирование их срока службы является сложной задачей из-за различных рабочих состояний и условий окружающей среды. Главной проблемой системы хранения энергии стали прогнозирование состояния батареи и оставшегося срока службы для обеспечения наилучшей производительности. Из-за нелинейного поведения аккумуляторов в электромобилях оценка срока службы стала ключевой задачей в сфере развития электрических автомобилей.

Ключевые слова: литий-ионные батареи, оптимизация, электромобили.

THE IMPORTANCE OF PREDICTING THE SERVICE LIFE OF LITHIUM-ION BATTERIES FOR APPLICATION IN ELECTRIC VEHICLES

Snezhinskaya Eva S.

Scientific advisor Litvinenko Ruslan S.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

s.theses@mail.ru

The thesis describes aspects of lithium-ion battery behavior necessary during design, manufacturing, and application. While lithium-ion batteries are crucial components in electric vehicles, predicting their lifespan is challenging due to various operating conditions and environmental factors. Forecasting the battery's state and remaining lifespan has become a significant challenge in energy storage systems to ensure optimal performance. The nonlinear behavior of batteries in electric vehicles has made predicting their lifespan a key task in the development of electric cars.

Keywords: lithium-ion batteries, optimization, electric vehicles.

Развитие электрохимических систем хранения энергии, их мониторинг и оптимизация стали ключевыми факторами в развитии инфраструктуры для электрических транспортных систем. Литий-ионные батареи выделяются среди других вариантов хранения энергии благодаря своей низкой скорости саморазряда, высокой плотности мощности и более длительному циклу службы. Это способствовало развитию рынка электромобилей и популяризации портативных электронных устройств.

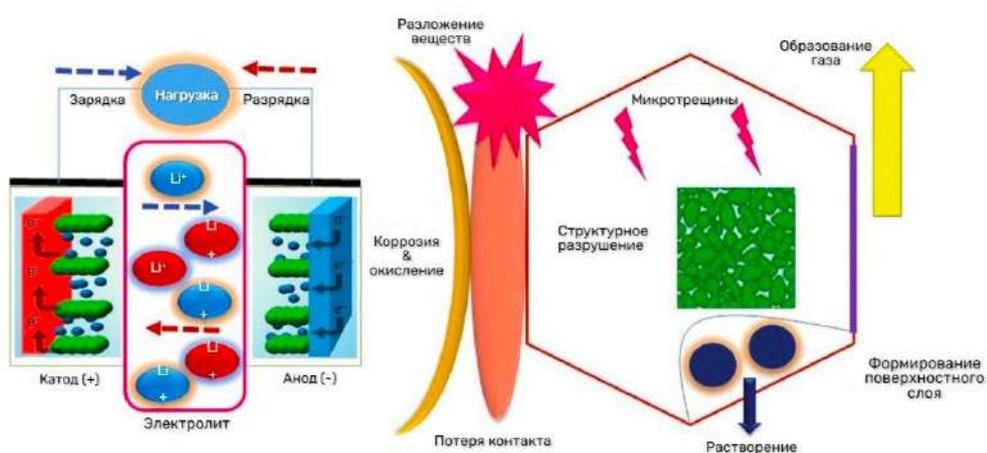
Литий-ионные батареи подвержены старению и деградации с момента изготовления и первого использования из-за сложных электрохимических процессов. Основные факторы, влияющие на состояние и производительность литий-ионных батарей, включают перезарядку с высоким током и напряжением, частоту циклов, температуру во время эксплуатации и хранения. Для эффективного управления аккумуляторами требуется специализированная система управления, которая обеспечивает сбор данных, контроль зарядки и разрядки, защиту и балансировку, а также обмен данными на борту. Необходимо, чтобы техники оценки состояния батарей для электромобилей были динамичными, чтобы адаптироваться к различным рабочим условиям, учитывая разнообразие климатических условий и стилей вождения [1].

В электрической мобильности состояние батареи и ее срок службы являются ключевыми показателями. Точное знание состояния батареи необходимо для увеличения ее срока службы и обеспечения безопасной и

надежной работы всей системы. Изучение физических и химических процессов, происходящих внутри литий-ионных батарей, представляет большой интерес для научных исследований. Основные процессы деградации, такие как механизм образования трещин в частицах лития, разложение, осаждение и формирование дендритов, а также деградация медных и алюминиевых проводников, иллюстрируются на рисунке. Электрохимическая деградация детально описывает эти процессы, хотя может быть сложно обнаружить ее во время работы батарей на уровне мельчайших частиц.

Понимание электрохимических процессов в литий-ионных батареях критически важно для оптимизации их производительности и решения проблем, связанных с увеличением емкости, деградацией и безопасностью. Электрохимическое поведение охватывает различные аспекты, включая химические процессы в частицах, интеркаляцию лития, транспорт ионов, реакции заряда/разряда, побочные реакции, деградацию, уменьшение емкости и мощности. Процесс старения и деградации литий-ионных батарей представляет собой сложное электрохимическое явление, зависящее от материала и химических свойств батареи [2].

Зарядка и разрядка литий-ионных батарей, а также внешние факторы, играют важную роль в их производительности и деградации. Моделирование этих процессов позволяет предсказывать электрические параметры, температуру и уровень заряда, учитывая разнообразные окружающие и рабочие условия. Поэтому важно дать точную оценку состояния здоровья батареи в широком спектре окружающих и рабочих условий [3].



Механизм электрохимической деградации литий-ионной батареи

Эффективная оценка состояния литий-ионной батареи улучшает прогнозирование оставшегося срока службы и позволяет вносить аналитические изменения в использование системы хранения энергии

заранее, обеспечивая безопасную и стабильную работу системы, что приводит к увеличению срока службы. Однако разработка точной модели батареи является сложной задачей из-за ее сложной внутренней структуры и непредсказуемых рабочих условий.

Источники

1. Меньшиков, Я. А. Система мониторинга ресурса литий-ионных аккумуляторных батарей / Я. А. Меньшиков // Вестник Московского энергетического института. Вестник МЭИ. – 2022. – № 3. – С. 105-110.

2. Чернов, А. Е. Моделирование работы литий-ионных аккумуляторных батарей в системе электроснабжения автономных объектов / А. Е. Чернов, Р. А. Малеев, С. М. Зуев // Электротехника. – 2021. – № 10. – С. 86-92.

3. Литвиненко, Р. С. Подход к оценке влияния надежности элементов городского электрического транспорта на его пропускную способность / Р. С. Литвиненко, П. П. Павлов, А. Э. Аухадеев // Труды международного симпозиума "Надежность и качество". – 2018. – Т. 2. – С. 180-183.

УДК 621.311

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СИСТЕМАХ

Снежинская Ева Сергеевна

Науч. рук. ст. преп. Антипанова Ирина Сергеевна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
s.theses@mail.ru

В последние десятилетия увеличилось внимание к энергетической и экологической устойчивости в транспортной отрасли. Железнодорожный транспорт играет ключевую роль в сокращении негативного воздействия на окружающую среду и повышении энергоэффективности. Система тягового электроснабжения железной дороги обеспечивает энергией поезда для доставки пассажиров и грузов до их мест назначения. Железнодорожная система рассматривается как одна из наиболее эффективных форм транспорта. В свете роста цен на энергию и растущей обеспокоенности за окружающую среду, технологии энергосбережения в железнодорожном транспорте получают все большее внимание.

Ключевые слова: энергосбережение, железнодорожный транспорт, оптимизация.

OPTIMIZATION OF ENERGY CONSUMPTION IN RAILWAY SYSTEMS

Snezhinskaya Eva S.

Scientific advisor Antipanova Irina S.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

s.theses@mail.ru

In recent decades, there has been increasing attention to energy and environmental sustainability in the transportation industry. Railway transportation plays a key role in reducing negative environmental impact and improving energy efficiency. The traction power supply system of railways provides energy to trains for the transportation of passengers and cargo to their destinations. The railway system is considered one of the most efficient forms of transportation. With the rise in energy prices and growing concern for the environment, energy-saving technologies in railway transportation are receiving more and more attention.

Keywords: energy conservation, railway transportation, optimization.

Оценка текущих практик, стратегий и технологий снижения энергопотребления проводится с использованием комплексного подхода. Энергопотребление в существующих железнодорожных системах может быть сокращено примерно на 25–35% путем оптимизации управления движением, графиков движения, стратегий эксплуатации и использования устройств хранения энергии.

Электрическая энергия поступает из подстанций, часть её теряется в процессе передачи (см. рисунок).



Энергетический поток в железнодорожных системах

Оставшаяся энергия используется поездом для тяги и для дополнительных систем. При преобразовании электрической энергии в механическую для тяги, часть энергии рассеивается. Кинетическая энергия поезда приводит его в движение, преодолевая сопротивление. Часть кинетической энергии восстанавливается при торможении. Восстановленная энергия может использоваться вспомогательной системой или передаваться обратно на контактные линии для других поездов [1]. Таким образом, потребление энергии на подстанциях может быть снижено.

Рекуперативное торможение является более перспективным методом для сокращения энергопотребления по сравнению с другими методами. При торможении поезда моторы преобразуют механическую энергию в электрическую, передаваемую обратно в энергосистему для питания других поездов. В обычном регенеративном торможении вся регенерируемая энергия может быть использована для этой цели. Однако рекуперативное торможение может вызвать повышение напряжения поезда. В случае опасности высокого напряжения часть энергии торможения не передается обратно в сеть, а расходуется в реостате торможения в виде тепла, пока напряжение не снизится до безопасного уровня [2].

Чтобы эффективно использовать эту энергию, в системах железных дорог используются системы хранения, которые собирают в себя восстановленную энергию и подают ее обратно поездам при необходимости. Основной целью использования таких средств хранения энергии является повышение производительности электрической железной дороги за счет снижения энергопотребления и энергетических потерь. Для достижения этой цели устройства хранения должны соответствовать основным требованиям электрических железных дорог, таким как эффективное управление высокой мощностью и способность хранить большие объемы энергии. В этом контексте аккумуляторы и конденсаторы рассматриваются как наиболее подходящие технологии хранения энергии [3].

Несмотря на то что железнодорожная система является одной из наиболее эффективных форм сухопутного транспорта, повышение эффективности работы поездов остается важным глобальным вопросом.

Источники

1. Литвиненко Р. С., Спургис В. С. Пропускная способность городской электротранспортной системы с учетом надежности ее инфраструктуры //Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники. – 2019. – С. 114-125.
2. Конюхов В. Ю., Опарина Т. А. Оптимизация энергопотока системы железнодорожного транспорта //Электронный научный журнал "Молодая наука Сибири". – 2022. – №. 2 (16).
3. Степанова К. К. Совершенствование электротехнических устройств системы тягового электроснабжения на постоянном токе //Бюллетень результатов научных исследований. – 2018. – №. 3. – С. 107-119.

УДК 621-313.3

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЗАРЯДНЫХ СТАНЦИЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Стародубец Артём Андреевич¹, Вахитов Халил Фаритович²
Науч. рук. канд. техн.наук, доцент, Аухадеев Авер Эрикович
^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
¹TemaStar13@yandex.ru, ²lilah20@mail.ru

В настоящей работе представлен анализ медленных и быстрых зарядных станций для электромобилей, рассмотрены стандарты зарядных станций. Приведены основные характеристики зарядных устройств и их конструкции, а также типы зарядных систем и используемые протоколы. Проведена оценка целесообразности использования быстрых и медленных зарядных станциях в условиях мегаполиса.

Ключевые слова: электромобиль, зарядная станция, протоколы зарядки для электромобилей.

ANALYSIS OF EXISTING CHARGING STATIONS FOR ELECTRIC VEHICLES

Starodubets Artem A.¹, Vakhitov Khalil F. ²
Scientific advisor Auhadeev Aver E.
^{1,2}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
¹TemaStar13@yandex.ru, ²lilah20@mail.ru

In this paper, an analysis of slow and fast charging stations for electric vehicles is presented, the standards of charging stations are considered. The main characteristics of chargers and their designs are given, as well as the types of charging systems and protocols used. The feasibility of using fast and slow charging stations in a megalopolis has been assessed.

Keywords: electric vehicle, charging station, charging protocols for electric vehicles.

Электромобили стали быстро завоевывать мировой рынок. Установлено, что на текущий период в мире насчитывается порядка 15 миллионов машин подобного типа. В последнее время наблюдается их стремительный рост, что требует наличия инфраструктуры для зарядки электромобилей. На территории всего мира насчитывается около 700 000 зарядных станций, предназначенных для электромобилей. На сегодняшний день в качестве основного способа зарядки электромобиля применяется 4 протокола работы ЭЗС. Всего три из них имеют возможность работать на переменном токе и только один из них использует постоянный ток, их мощность составляет 44 кВт и 150 кВт соответственно.

1 тип ЭЗС использует переменный ток (AC). Подключается к обычной розетке напряжением 220В (в США 110В) без применения специального оборудования. В данном случае, сила тока составляет 16А, а мощность – 3,7 кВт. Для зарядки электромобиля используется разъемы TYPE1 и TYPE2. Данный способ является одним из первых и самым медленным, но несмотря на недочеты этот способ имеет ряд преимуществ.

2 тип ЭЗС имеет отличия от первого: для подключения используются специальные зарядные устройства, которые имеют напряжение 220В-380В. Данный тип является основным стандартом для большинства зарядных станций.

В ЭЗС типа 3 используется однофазная или трехфазная цепь переменного тока с максимальным напряжением 380 В. Это самая мощная схема для станций переменного тока. Ток 16-32А, мощность 7,4-22 кВт.

4 тип ЭЗС постоянного тока (DC) с максимальным напряжением до 1000В. Мощность данной зарядной станции составляет 30-300 кВт, сила тока 45-200А. Разъем для подключения к электромобилю CHAdeMO, CCS Combo, GB/T. Нужно понимать, что не все модели электромобилей поддерживают технологию быстрой зарядки, но модели, поддерживающие эту технологию способны заряжаться до 80% за 30 минут. [4]

Делая вывод о вышеперечисленных типах протоколов ЭЗС целесообразно устанавливать зарядные станции второго типа, как станцию долгой зарядки, т.к. она подходит для большинства электромобилей и

является не самой дорогой и четвертого типа, в качестве станции быстрой зарядки. Также стоит задуматься над тем, чтобы сделать, если возможно, коннектор зарядки четвертого типа (CCS) стандартом для всех электромобилей. [3]

Поскольку процесс зарядки электромобилей происходит при достаточно высоком токе, для обеспечения безопасности процесс зарядки необходимо контролировать как с зарядной станции, так и с электромобиля. Эти функции обеспечивают модуль зарядной станции SECC и контроллер электромобиля EVCC.

Существует несколько национальных и международных стандартов, описывающих протоколы коммуникации контроллеров зарядной станции и электромобиля, на которые ориентируются производители:

J1772 – национальный стандарт коммуникации, используемый в США и странах Азии. Его максимальная мощность – 7,4 кВт в час. Применяется на станциях второго и третьего типа. Поддерживает широкий диапазон скоростей зарядки однофазным переменным током. [2]

IEC 61851- международный стандарт для систем электропроводной зарядки электромобилей, части которого в настоящее время все еще находятся в стадии разработки. Настоящим стандартом регулируются требования к проводному соединению электромобилей и автомобильных транспортных средств с комбинированными энергоустановками, имеющими возможность внешней зарядки, с источниками питания переменного и постоянного напряжения. [1]

ISO 15118 — это универсальный стандарт подключения для зарядки постоянным и переменным током, который включает в себя перспективные технологии V2G, plug and charge. Он определяет связь между электромобилями, включая электромобиль, работающий от перезаряжаемых источников питания, и гибридный автомобиль с подзарядкой от сети, и оборудованием электроснабжения электромобиля. [1]

В результате сравнения технических решений только малая часть всех рассмотренных решений (16,67%) представляют собой мобильные зарядные установки в различных вариантах реализации, в то время как подобные решения позволяют оперативно обеспечить электрический транспорт источником электроэнергии в тех случаях, когда стационарные зарядные станции недоступны и/или их установка экономически и технически нецелесообразна. С помощью сравнительного анализа было установлено, что только одно из рассмотренных решений (6,67%) имеет контейнерное исполнение, что дает возможность быстро и эффективно

решать задачу перемещения, установки и ввода в эксплуатацию накопителя энергии.

С целью обеспечения дальнейшего роста и развития отрасли электромобилей, важно изучение технического уровня мобильных зарядных устройств для электротранспорта большой мощности. Так как спрос на электромобили растет, необходимо найти более эффективные и мощные зарядные устройства, которые могут заряжать автомобили в тех местах, где это необходимо. Следует отметить, что мировой опыт продемонстрировал, что частные компании, такие как автопроизводители, частные операторы зарядных станций, сети быстрого питания и девелоперы, могут успешно финансировать значительную часть инфраструктуры для зарядки электромобилей. Это свидетельствует о растущем интересе к развитию зеленой инфраструктуры среди частных компаний, которые видят в электромобилях и инфраструктуре зарядки перспективный бизнес-сегмент. Благодаря активному участию частных компаний возможно создание удобной и широко распространенной сети зарядных станций, что способствует повышению уровня удобства использования электромобилей и их принятию обществом. Кроме того, такая модель финансирования позволяет снизить нагрузку на государственный бюджет и стимулирует инновации в области зеленой технологии.

Источники

1. Удодов, М. С. Концепция развития городской сети станций быстрого заряда электромобилей / М. С. Удодов. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2020. — № 23 (313). — С. 137-143. — [Электронный ресурс] URL: <https://moluch.ru/archive/313/71247/>

2. Развитие технологии мобильных зарядных станций для электромобилей. Сафин А.Р., Ившин И.В., Цветков А.Н., Петров Т.И., Басенко В.Р., Манахов В.А. Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия

3. Разработка рекомендаций по внедрению в транспортную инфраструктуру мегаполиса зарядных станций для электромобилей [Электронный ресурс] URL: <http://elar.uspu.ru/bitstream/uspu/12498/2/>

4. Gimenez-Gaydou, D. A. Optimal location of battery electric vehicle charging stations in urban areas: A new approach / D. A. Gimenez-Gaydou, A. S. N. Ribeiro, J. Gutierrez, A. P. Antunes // International Journal of Sustainable Transportation. - 2016. - № 10.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ТОКА ДЛЯ ЗАРЯДКИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ

Сунин Владимир Александрович

Науч. рук. к.т.н., доцент Литвиненко Руслан Сергеевич

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

suninvladimir@yandex.ru

В статье рассмотрена одна из самых перспективных математических моделей преобразователя тока для зарядки электротранспорта.

Ключевые слова: двунаправленный преобразователь, электромобиль, аккумуляторная батарея, преобразователь тока.

MATHEMATICAL MODEL OF CURRENT CONVERTER FOR CHARGING AN ELECTRIC VEHICLE.

Sunin Vladimir A

Scientific advisor Litvinenko Ruslan S.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

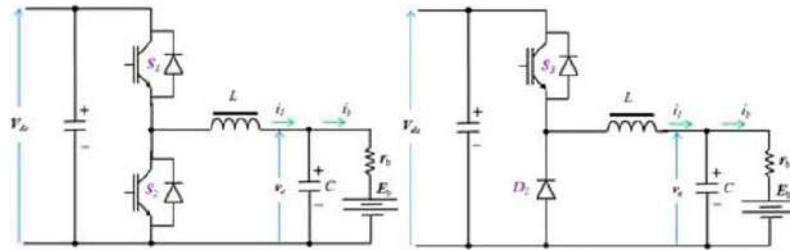
suninvladimir@yandex.ru

The article discusses one of the most promising mathematical models of a current converter for charging electric vehicles.

Keywords: bidirectional converter, electric vehicle, battery, current converter.

Предлагаемая система имеет два зарядных преобразователя. Электромобильный преобразователь тока — это устройство, которое выполняет функцию простого понижающего преобразователя (преобразователь первого квадранта). Однако аккумуляторная батарея представляет собой повышающе-понижающий преобразователь (двухквадрантный преобразователь). Работа, моделирование и анализ двухквадрантного преобразователя включают в себя работу и анализ первого квадрантного преобразователя. Для работы преобразователя предполагается непрерывный режим. Преобразователь состоит из двух IGBT транзисторов (S_1 и S_2), двух встречно-параллельных диодов и LC-фильтра. Выводы преобразователя соединяются с шиной постоянного тока и аккумуляторной батареей. Внутреннее напряжение и сопротивление

батареи обозначаются (E_b и r_b) [2,3].



Принципиальные схемы двунаправленного преобразователя и понижающего преобразователя

Предполагается, что индуктивность фильтра достаточно велика, чтобы сохранить достаточно энергии для зарядки или разрядки аккумулятора. Следовательно, режим работы с прерывистой проводимостью не учитывают. Преобразователь имеет два режима: понижающий и повышающий. Двунаправленный преобразователь работает в повышающем режиме, когда переключатель S_2 активен, а переключатель S_1 действует как диод для разряда аккумулятора. Однако он работает в понижающем режиме, когда переключатель S_1 активен, а переключатель S_2 действует как диод, что приводит к режиму зарядки аккумулятора [1,3]. Динамическая модель преобразователя в форме пространства состояний описывается как:

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ v_c \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & -1 \\ C & C_{rb} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{V_{dc}}{L} \\ 0 \end{bmatrix} u_1 + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{E_b}{C_{rb}} \end{bmatrix} \quad (2)$$

где (i_1, v_c)-ток индуктора и напряжения конденсатора; u_1 -действие переключателя S_1 с ШИМ, принимающее значения из набора $\{0:1\}$; (L и C) -индуктивность и емкость фильтра; V_{dc} - напряжение шины постоянного тока.

Во время работы в режиме повышения:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & -1 \\ C & C_{rb} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{V_{dc}}{L} \\ 0 \end{bmatrix} u_2 + \begin{bmatrix} \frac{V_{dc}}{L} \\ \frac{E_b}{C_{rb}} \end{bmatrix} \quad (3)$$

где u_2 представляет действие переключателя S_2 с ШИМ, принимающее значения из набора $\{0:1\}$.

Уравнения расчета дросселя и конденсатора фильтра:

$$\frac{(1-d_{\min})R_{li}}{2f} \geq L \leq \frac{E_b}{f\Delta I_{\min}} \cdot d_{\max} \quad (4)$$

$$I_{rms} = \sqrt{I_{b\max} + \frac{(\Delta I_{\max})^2}{3}} \quad (5)$$

$$C \geq \frac{(1-d_{\min})}{8r_{\min}Lf^2} \quad (6)$$

где (d_{\min}, d_{\max}) – минимальные и максимальные рабочий цикл;

R_{li} - приблизительное эквивалентное сопротивление литий-ионного аккумулятора; f -частота переключения; $\Delta I_{\min}, \Delta I_{\max}$ -минимальные и максимальные токи пульсации; r - минимальный коэффициент пульсации напряжения; $I_{b\max}$ - максимальный ток батареи [1,2].

Уровень напряжения шины постоянного тока выбирается в соответствии с состоянием зарядки системы, поскольку преобразователи системы работают в понижающем режиме. В этом случае напряжение шины постоянного тока должно быть больше среднего выходного напряжения преобразователя. С другой стороны, минимальный рабочий цикл и изменения напряжения батареи влияют на значение V_{dc} . Эти ограничения можно записать как:

$$\frac{V_{b\max}}{d_{\min}} \geq V_{dc} \geq \frac{V_{b\min}}{d_n} \quad (7)$$

где $V_{b-\min}, V_{b-\max}$ – минимальное и максимальное напряжение на клеммах батареи; d_n -номинальный индекс модуляции.

Величина емкости постоянного тока существенно влияет на стабильность шины постоянного тока. Исходя из этого можно сделать вывод, конденсатор шины постоянного тока должен поддерживать определенный коэффициент пульсации напряжения и мощности [3].

Источники

1. An Approach to Determining the Integrated Reliability of Technical Systems at the Development Stage / R. Litvinenko, A. Auhadeev, A.

Khusnutdinov [et al.] // Lecture Notes in Mechanical Engineering. – 2022.

2. Gadekar, S. D. Optimizing Electric Vehicle Charging with Moth Flame Control Algorithm of Boost-KY Converter / S. D. Gadekar, M. Murali // Problems of the Regional Energetics. – 2023.

3. Купцов, Д. В. Анализ схмотехнических решений и способов повышения энергетической эффективности зарядных устройств / Д. В. Купцов, Р. Т. Хазиева // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2023.

УДК 007.52; 629.3.05

АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ

Сунин Владимир Александрович¹, Хуснутдинов Азат Назипович²,
Гиясов Санжар Мирхамитович³

^{1,2} ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

³ Ташкентский государственный технический университет им. Ислама Каримова,
г. Ташкент, Республика Узбекистан

¹suninvladimir@yandex.ru, ²khusnutdinov.an.kgeu@mail.ru

Потребление энергии и безопасность вождения транспортного средства в значительной степени зависят от поведения впереди идущего транспортного средства. Неправильная реакция на непредвиденные изменения в предшествующем транспортном средстве может привести к снижению энергоэффективности и увеличению риска столкновений. Для решения этой проблемы предлагается адаптивная экокрузинговая стратегия управления для подключенных электромобилей с учетом прогнозирования динамического поведения впереди движущегося транспортного средства.

Ключевые слова: эко-крузиз-контроль, энергоэффективность, электромобиль.

ADAPTIVE MOTION CONTROL OF AN ELECTRIC VEHICLE

Sunin Vladimir A.¹, Khusnutdinov Azat N.², Giyasov Sanjar M.³

^{1,2} KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

³Tashkent State Technical University named after. Islam Karimov, Tashkent, Republic of
Uzbekistan

¹suninvladimir@yandex.ru, ²khusnutdinov.an.kgeu@mail.ru

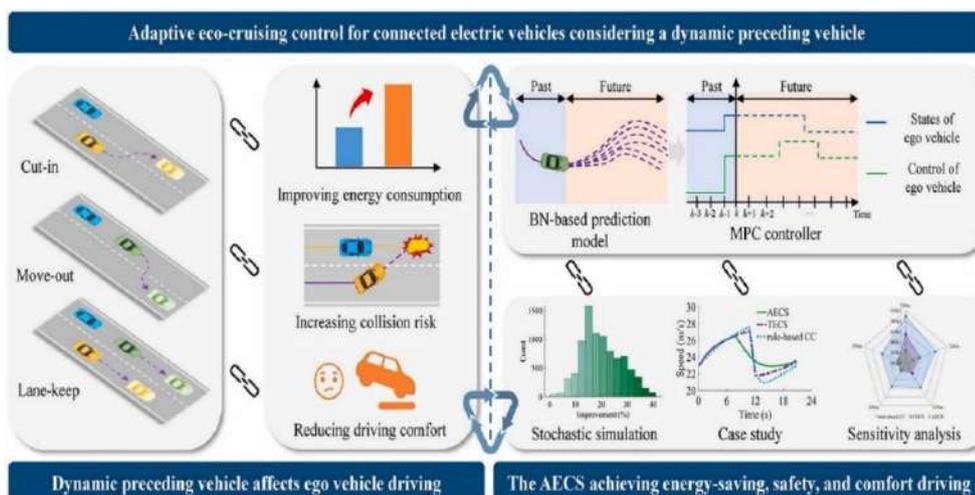
The energy consumption and safety of driving a vehicle largely depend on the behavior of the vehicle in front. An incorrect reaction to unforeseen changes in the previous vehicle can lead to a decrease in energy efficiency and an increased risk of collisions. To

solve this problem, an adaptive eco-cruising management strategy is proposed for connected electric vehicles, taking into account the prediction of dynamic behavior in front of a moving vehicle.

Keywords: eco-cruise control, energy efficiency, electric car.

С ростом спроса на пассажирские и грузовые перевозки транспорт станет одним из основных потребителей энергии и источников выбросов парниковых газов. Более 15% всех выбросов углекислого газа в мире в настоящее время приходится на автомобильный транспорт. В ответ на насущный спрос в энергосбережении и сокращении выбросов в сфере транспорта, транспортные средства стремятся к электрификации, повышению энергоэффективности, повышению интеллекта и расширению сетевых возможностей. В частности, экологический круиз-контроль вызвал значительный интерес со стороны научных кругов и промышленности из-за его значительного потенциала для снижения чрезмерного энергопотребления транспортных средств и выбросов парниковых газов, а также повышения пропускной способности движения [1, 2]. Основная идея эко-круиз-контроля заключается в энергосберегающем управлении скоростью транспортными средствами с учетом информации о дорожном движении, состоянии дороги и транспортных средствах.

Потребление энергии и безопасность вождения транспортного средства во многом зависят от манеры вождения впереди идущего автомобиля. Неадекватная реакция на непредвиденные изменения движения впереди идущего автомобиля может привести к снижению энергоэффективности и увеличению риска наезда сзади. Для решения этой проблемы предлагается стратегия адаптивного эко-круизного управления (AECS) для электромобилей, учитывающая прогноз динамического поведения предшествующего транспортного средства.



Система AECS, разработанная с использованием двухступенчатой системы контроля удаляющегося горизонта, может адаптироваться к сценариям, когда предшествующее транспортное средство подрезает или выезжает, более безопасным и энергоэффективным способом по сравнению с традиционными стратегиями эко-круизного движения, которые фокусируются на впереди движущееся транспортное средство.

На первом этапе с использованием байесовской сети разрабатывается модель прогнозирования, характеризующая динамическое поведение предшествующих транспортных средств [3, 4]. Эта модель обучается с использованием реальных данных о вождении транспортных средств, что позволяет ей прогнозировать траектории движения транспортных средств, меняющих полосу движения впереди. На втором этапе формулируется задача оптимизации, ориентированная на энергосбережение, безопасность и комфорт вождения, в виде квадратичной формы программирования [5]. Затем скорость эко-круиз-контроля оптимизируется для адаптации к динамичной дорожной обстановке, особенно когда движущееся впереди транспортное средство со временем меняется. Наконец, проводится несколько симуляций для проверки AECS.

Результаты показывают, что AECS может повысить энергоэффективность электромобилей в среднем на 11,8 % и 19,53 % по сравнению с существующими стратегиями круиз-контроля и обеспечить безопасность и комфорт вождения автомобиля без ущерба для времени в пути.

Источники

1. Особенности ввода в эксплуатацию нового электрооборудования / Р.Р. Нигматуллин, П.П. Павлов, Е.А. Вострецов, А.Э. Павлов // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике : Материалы XVII Всероссийской открытой молодежной научно-практической конференции, Казань, 20–22 октября 2022 года / Редколлегия: А.Г. Арзамасова (отв. редактор). – Казань: ООО "Издательство Фолиант", 2022.
2. Fault Isolation in Digital Instruments and Devices Used in Power-Engineering Systems / P. Pavlov, V. Butakov, A. Khusnutdinov [et al.] // Lecture Notes in Mechanical Engineering. – 2022.
3. Разработка интеллектуальной системы помощи водителю для

общественного транспорта / Я. Вассуф, А. В. Тарасенко, Д. Ю. Осин [и др.] // Экстремальная робототехника. – 2024.

4. Рахимжанов М. Е. Автоматизация в автомобилях // Universum: технические науки. – 2023. – №. 10-1 (115). – С. 34-37.

5. Диагностика трансформаторов электротехнических комплексов с использованием бесконтактных лазерных виброметров / М. Ф. Низамиев, В. Р. Басенко, И. В. Ившин [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2022. – Т. 24, № 5. – С. 97-109.

УДК 004.896

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЗАРЯДКИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ

Сунин Владимир Александрович¹, Хуснутдинов Азат Назипович²,
Эгомов Акмал Мамарасулович³

^{1,2} ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

³Ташкентский государственный технический университет им. Ислама Каримова,
г.Ташкент, Республика Узбекистан

¹suninvladimir@yandex.ru, ²khusnutdinov.an.kgeu@mail.ru

В статье рассмотрен метод моделирования интеллектуальной зарядки электромобилей, который способствует снижению нагрузки на электросеть в часы пик.

Ключевые слова: электромобиль, фотоэлектрические системы, аккумуляторные системы хранения.

SIMULATION OF INTELLIGENT CHARGING OF AN ELECTRIC VEHICLE

Sunin Vladimir A.¹, Khusnutdinov Azat N.², Egamov Akmal M.³

^{1,2} KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

³Tashkent State Technical University named after. Islam Karimov, Tashkent, Republic of
Uzbekistan

¹suninvladimir@yandex.ru, ²khusnutdinov.an.kgeu@mail.ru

The article considers a method for modeling intelligent charging of electric vehicles, which helps to reduce the load on the power grid during peak hours..

Keywords: electric vehicle, photovoltaic systems, battery storage systems.

Масштабное проникновение электромобилей на автомобильный рынок ставит сложную задачу по обеспечению энергетического баланса между спросом и предложением со стороны городских агломераций. Электромобили, являясь «перемещаемыми» нагрузками, могут обеспечить гибкость системы. Потенциальная роль интеллектуальной зарядки электромобилей в смягчении воздействия интеграции жилой и общественной инфраструктуры зарядки электромобилей в энергосети очень важная составляющая [1]. Солнечные фотоэлектрические и аккумуляторные системы хранения энергии (BESS) улучшают самопотребление фотоэлектрических систем и способствует снижению пиковых нагрузок в часы пик. Ежегодные потери, перегруженность трансформаторов и оценка стоимости импорта электроэнергии - это основные проблемы, с которыми сталкиваются электросети по всему миру.

Рассмотрим методику расчета внедрения интеллектуальной зарядки, фотоэлектрических систем и BESS в электросеть [2].

Уравнение (1) представляет собой целевую функцию для оптимального решения с потерями, а уравнение (2) представляет собой целевую функцию для экономически оптимального решения.

$$\sum_{t_0=1}^t \left(\sum_{i_0=0}^i P_{i,t}^{EG} \right) \quad (1)$$

$$\sum_{t_0=1}^t \left(\sum_{i_0=0}^i P_{i,t}^{EG} \square C_0 \right) \quad (2)$$

где $P_{i,t}^{EG}$ - это мощность подоваемая из внешней сети, кВт; t – время работы, ч; C_0 - цена на электроэнергию, руб/кВт · ч. i - количество подстанций.

Ограничение сети с номинальной мощностью трансформатора, ограничивает предел сети, который определяется следующим уравнением:

$$P_{\text{быт}} + P_{EV} \leq P_{ТП} \quad (3)$$

где, $P_{\text{быт}}$ - потребность в бытовых нагрузках, кВт; P_{EV} - потребность в зарядке электромобилей, кВт; $P_{ТП}$ - номинальная мощность трансформатора, кВт.

Энергетический баланс системы представлен уравнением (4):

$$P_{EG} = P_{\text{быт}} + P_{EV}, \forall t \quad (4)$$

где P_{EG} - мощность поступающая из сети, кВт.

Чтобы рассчитать уровень энергии батареи на каждом временном этапе, предполагается, что процесс зарядки будет иметь некоторую неэффективность, поэтому для учета данного фактора: η^c (коэффициент эффективности зарядки), будем учитывать в уравнении (5):

$$E_t^{EV} = \eta^c \cdot P_{EV} + SOC_{t-1}^{EV} \cdot C_{аккумулятор} \quad (5)$$

где $C_{аккумулятор}$ - емкость аккумулятора электромобиля, кВт · ч; SOC_{t-1}^{EV} - состояние заряда аккумулятора электромобиля в момент времени «t»; E_t^{EV} - уровень энергии аккумулятора электромобиля в каждый час, кВт · ч;

Основная цель солнечной фотоэлектрической энергии - уменьшить зависимость от сети и снизить потребление электроэнергии из сети. Вся электроэнергия, вырабатываемая фотоэлектрическими батареями, будет использоваться для зарядки электромобилей и удовлетворения спроса на базовую нагрузку.

Уравнение ограничения мощности трансформатора включает в себя генерацию фотоэлектрических элементов, заданную уравнением [3].

$$P_{б\ddot{u}т} + P_{EV} - P_{PV} \leq P_{ТП} \quad (6)$$

где P^{PV} - выработка электроэнергии фотоэлектрическими источниками, кВт · ч.

Уравнение баланса сети задается уравнениями:

$$P_{EG} + P_{PV} = P_{б\ddot{u}т} + P_{EV}, \forall t \quad (7)$$

С добавлением BESS уравнение баланса сети примет следующий вид:

$$P_{EG} + P_{PV} = P_{б\ddot{u}т} + P_{EV} + P_{BESS} - D_{BESS}, \forall t \quad (8)$$

где P_{BESS} - мощность зарядки, кВт; D_{BESS} - мощность разряда, кВт.

С добавлением BESS из сети будет импортироваться больше энергии, что отразится на ограничениях номинальной мощности трансформатора.

Источники

1. Fault Isolation in Digital Instruments and Devices Used in Power-Engineering Systems / P. Pavlov, V. Butakov, A. Khusnutdinov [et al.] // Lecture Notes in Mechanical Engineering. – 2022.

2. Gogoi D., Bharatee A., Ray P. K. Implementation of battery storage system in a solar PV-based EV charging station //Electric Power Systems Research. – 2024. – V. 229. – P. 110113.

3. Диагностика трансформаторов электротехнических комплексов с использованием бесконтактных лазерных виброметров / М. Ф. Низамиев, В. Р. Басенко, И. В. Ившин [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2022. – Т. 24, № 5. – С. 97-109.

УДК 621.3

К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЗАРЯДНЫХ СТАНЦИЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Тюгелев Эдгар Николаевич¹, Сафиуллин Булат Ирекович²,
Стародубец Артём Андреевич³

Науч. рук. к.т.н., доцент Аухадеев Авер Эрикович
^{1,2,3}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
¹tugelev22@mail.ru

В статье рассмотрены основные проблемы повышения эффективности работы зарядных станций для электромобилей.

Ключевые слова: электрочарядные станции, электромобили, экологический транспорт.

ON THE ISSUE OF IMPROVING THE EFFICIENCY OF CHARGING STATIONS FOR ELECTRIC VEHICLES

Tyugelev Edgar N. ¹, Safiullin Bulat I. ², Starodubets Artem A. ³
Scientific advisor Auhadeev Aver E.

^{1,2,3}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
¹tugelev22@mail.ru

The article discusses the main problems of improving the efficiency of charging stations for electric vehicles.

Keywords: electric charging stations, electric vehicles, ecological transport.

Зарядные станции для электромобилей играют ключевую роль в развитии экологически чистого транспорта. Однако, одной из основных проблем, с которыми сталкиваются владельцы электромобилей, является недостаточная эффективность работы зарядных станций. Она напрямую влияет на удобство использования электромобилей, их конкурентоспособность на рынке и экономическую эффективность. Длительное ожидание зарядки, низкая мощность и недостаточное количество доступных станций – все это препятствует распространению электромобилей. В этом исследовании рассмотрим основные проблемы повышения эффективности работы зарядных станций для электромобилей.

В ходе исследования был проведен анализ текущего состояния зарядных станций, в котором были изучены типы зарядных станций, их распространенность, местоположение и спрос на зарядные услуги. [1, 2]. Также путем проведения опроса среди пользователей электромобилей смогли выявить их предпочтения и ожидания от зарядных станций.

Было выявлено, что одним из методов повышения эффективности работы зарядных станций может быть оптимизация распределения по городу и создание сети быстрой зарядки [3]. Установка дополнительных зарядных станций на удобных местах в городе позволит уменьшить загруженность текущих станций, снизить время ожидания зарядки и повысить удобство использования электромобилей.

Другим методом является использование технологий быстрой зарядки. Быстрая зарядка позволяет уменьшить время, необходимое для полной зарядки электромобиля, что также способствует удобству использования [4]. Помимо этого, новые электромобили оснащаются еще более улучшенными аккумуляторами, которые позволяют заряжаться быстрее.

Также важным методом повышения эффективности работы зарядных станций является использование сетевых управляющих систем, которые позволяют оптимизировать расход электроэнергии и управлять зарядкой электромобилей в зависимости от времени суток, стоимости электроэнергии и других параметров.

Разработка мобильных приложений также существенно облегчит жизнь владельцам электромобилей. Мобильное приложение может помочь в поиске ближайших зарядных станций, оценки их доступности и бронирования коннекторов. Тем самым это позволит быстро и комфортно планировать свои поездки.

Необходимо проведение экспериментов и анализ результатов: реализовать предложенные методы улучшения на некоторых зарядных станциях и проанализировать их эффективность, выявить преимущества и недостатки [5, 6].

В заключение, перечисленные методы и технологии могут значительно повысить эффективность работы зарядных станций для электромобилей, что способствует дальнейшему распространению экологически чистого транспорта и улучшению окружающей среды.

Источники

1. Стародубец А.А., Валеева Г.Р. Перспективы внедрения зарядных электростанций на территории российской федерации в сборнике: Тинчуринские чтения - 2022 "Энергетика и цифровая трансформация". Сборник статей по материалам конференции. В 3-х томах . Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Казань, 2022. С. 365-367.

2. Стародубец А.А., Валеева Г.Р. Развитие инфраструктуры для электротранспорта в республике татарстан в сборнике: XXVI Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный дню энергетика. Материалы докладов семинара. В 3-х томах. Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Казань, 2023. С. 276-279.

3. Электромобиль: устройство, принцип работы, инфраструктура – Энтони Джутон, Ксавье Рейн, с 159.

4. Стародубец А.М.А., Валеева Г.Р., Мухаметзянова Э.Г. К вопросу о внедрении зарядных станций быстрой зарядки для электромобилей в сборнике: XXV Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный Дню энергетика. Материалы конференции. В 3-х томах. Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Казань, 2022. С. 255-257.

5. Сафиуллин Б.И., Аухадеев А.Э., Вахитов Х.Ф. Диагностический комплекс зарядных станций для электромобилей в сборнике: Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве. Материалы VIII Национальной научно-практической конференции. Казань, 2023. С. 106-108.

6. Сафиуллин Б.И., Вахитов Х.Ф. Комплекс диагностики и поиска неисправностей зарядных станций для электромобилей в сборнике: XXVI Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный дню энергетика. Материалы докладов семинара. В 3-х томах. Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Казань, 2023. С. 270-273.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАРЯДНЫХ СТАНЦИЙ РАЗЛИЧНОЙ МОЩНОСТИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Хусаинова Лиана Ленаровна

Науч. рук. доц. к.т.н. Хуснутдинов Азат Назипович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
liana.khusainova.00@mail.ru

В статье рассмотрены вопросы эффективности и экономической целесообразности использования зарядных станций для электромобилей.

Ключевые слова: тяговый электродвигатель, аккумуляторная батарея, станция быстрой зарядки, станция медленной зарядки.

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF USING CHARGING STATIONS OF VARIOUS CAPACITIES FOR ELECTRIC VEHICLES

Khusainova Liana L.

Scientific advisor Khusnutdinov Azat N.
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
liana.khusainova.00@mail.ru

The article discusses the issues of efficiency and economic feasibility of using charging stations for electric vehicles.

Keywords: traction electric motor, rechargeable battery, fast charging station, slow charging station.

В настоящее время загрязняющие вещества, поступающие в атмосферу от автомобильного транспорта, достигают 90% от общих выбросов. Данные обстоятельства объясняют быстрый рост парка электромобилей в мире.

Электромобиль состоит из тягового электродвигателя, тяговой аккумуляторной батареи (АКБ), инвертора, специального бортового зарядного устройства, электронной системы управления и т.д. [1].

Тяговый электродвигатель – это устройство с мощностью от 15 до 200 кВт, благодаря которому электроэнергия преобразуется в механическую энергию. В отличие от ДВС, КПД которого составляет 25%, КПД электродвигателя может достигать 95%.

Аккумуляторная батарея (АКБ) – это химический источник тока, источник ЭДС многоразового действия [2]. Для электромобилей наиболее предпочтительно использование литий-ионных и литий-полимерных батарей [3-5]. Максимальное количество электрической энергии батареи в процессе эксплуатации при неполном разряде снижается минимально, а допустимый заряд увеличивается, что позволяет достичь высокого заряда АКБ в сокращенное время - до 10-20 минут.

При средней скорости 60 км/ч автомобиль с ДВС на 100 км расходует 10л. топлива, а электромобиль 12 кВт·ч. При таких условиях расход на заправку автомобиля с ДВС – 400 рублей, а на заправку электромобиля - 204 рубля при цене 17 руб./кВт·ч.

Время, необходимое для заправки традиционного автомобиля с ДВС, составляет около пяти минут, а для того, чтобы электромобиль проехал путь в 100 км, для зарядки его аккумулятора понадобится 3,5 часа от домашней сети, или 15-20 минут от станции быстрой зарядки. Сокращение времени заряда достигается путем увеличения мощности зарядной станции.

Для определения эффективности использования зарядных станций с разными мощностями достаточно рассчитать период окупаемости зарядных станций. Для проведения оценки возьмем среднее количество электромобилей на мегаполис - 1000 шт. и предположим, что каждый 3 будет заезжать на ЭЗС каждый день и в среднем заряжать батарею на 30 кВт. Период окупаемости для станций на 22, 50 и 120 кВт представлены в таблице.

Период окупаемости зарядных станций различной мощности

Характеристики зарядной станции	Стоимость зарядной станции	Период окупаемости
22 кВт	300 тыс. рублей	470 дней (1 год 3,5 месяца)
50 кВт	1,5 млн. рублей	570 дня (1 год 7 месяцев)
120 кВт	4 млн. рублей	773 дня (2 года 2 месяца)

Стоимость 120 кВт быстрой зарядной станции превышает более, чем в 13 раз стоимость 22 кВт медленной зарядной станции. Наиболее эффективной, экономически целесообразной и рациональной зарядной станцией является станция мощностью 50 кВт·час. Данный тип станции позволит заряжаться всем автомобилям, имея небольшой срок окупаемости, что позволит наиболее широко и быстро развить инфраструктуру для электромобилей.

Источники

1. Устройство автомобиля [Электронный ресурс] // URL: <http://hybmotors.ru/ustroystvo-elektromobilya>.

2. Электрический аккумулятор [Электронный ресурс] // Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Электрический_аккумулятор.

3. Подход к определению интегрального показателя надежности технических систем на этапе разработки / Р. С. Литвиненко, А. Э. Аухадеев, А. Н. Хуснутдинов [и др.] // Вопросы электротехнологии. – 2021. – № 1(30). – С. 52-61.

4. Improving the theory for calculating the rational modes of traction electrical equipment / A. E. Auhadeev, R. G. Idiyatullin, P. P. Pavlov [et al.] // E3S Web of Conferences : 2019 International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems, SES 2019, Vol. 124. – Kazan: EDP Sciences, 2019. – P. 05077.

5. Диагностика трансформаторов электротехнических комплексов с использованием бесконтактных лазерных виброметров / М. Ф. Низамиев, В. Р. Басенко, И. В. Ившин [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2022. – Т. 24, № 5. – С. 97-109.

МЕТОД БАЛАНСИРОВКИ МОЩНОСТИ МЕЖДУ НЕСКОЛЬКИМИ ЗАРЯДНЫМИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ СТАНЦИЯМИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ ПИТАЮЩИМИСЯ ОТ ОДНОЙ ПОДСТАНЦИИ

Черепенькин Иван Вячеславович ¹, Гарифуллин Рустем Ринатович ²,
Павлов Антон Эдуардович ³

Науч. рук. к.т.н., доцент Павлов Павел Павлович

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

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

На сегодняшний день все чаще возникает необходимость в выборе наиболее оптимального пути развития зарядной инфраструктуры в том числе и увеличение количества и полезной мощности зарядных электрических станций, не выходя за рамки экономической целесообразности. Одним из способов решения данной проблемы, является применение метода балансировки мощности между зарядными станциями питающимися от одной подстанции.

Ключевые слова: электромобиль, зарядная станция, мощность, режим заряда.

METHOD OF POWER BALANCING BETWEEN SEVERAL CHARGING ELECTRIC STATIONS FOR ELECTRIC VEHICLES POWERED FROM ONE SUBSTATION

Cherepenkin Ivan V¹, Garifullin Rustem R.², Pavlov Anton E.³

Scientific advisor Pavlov Pavel P.

^{1,2,3}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

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

Today there is an increasing need to choose the most optimal way to develop the charging infrastructure, including increasing the number and useful capacity of electric charging stations, without going beyond the limits of economic feasibility. One of the solutions to the problem of charging infrastructure development is the application of the method of power balancing between charging stations fed from one substation.

Keywords: electric vehicle, charging station, power, charging mode.

В России на начало 2023 года насчитывалось порядка 4,5 тыс. зарядных станций, предполагается, что в 2030 году их будет насчитываться порядка 220 тыс. единиц.

Наиболее оптимальным и распространенным видом зарядных станций для электромобилей являются стационарные зарядные станции.

Принадлежность к непосредственному размещению зарядных станций позволяет условно разделить их на два вида:

- медленные частные зарядные станции малой мощности;
- быстрые общественные зарядные станции высокой мощности, расположенные непосредственно в городской среде и доступные всем заинтересованным потребителям.

Длительность времени зарядки и особенности этой процедуры, для владельцев электромобилей, проживающих в многоквартирных домах, определяют потребность в увеличении объемов установки общественных зарядных станций [1,2].

Увеличение количества подобных зарядных станций требует увеличения мощности существующих питающих подстанции либо строительства новых. Однако, развить зарядную инфраструктуру возможно путем внедрения в схему питания зарядных станций принципа балансировки мощности [3]. Основанного на внедрении в схему питания программируемого контроллера, регулирующего отдаваемую от питающей подстанции к зарядным станциям мощность исходя из наличия потребительского спроса [4,5].

Схема питания нескольких зарядных станций для электромобилей с внедряемым контроллером балансировки мощности представлена на рисунке.

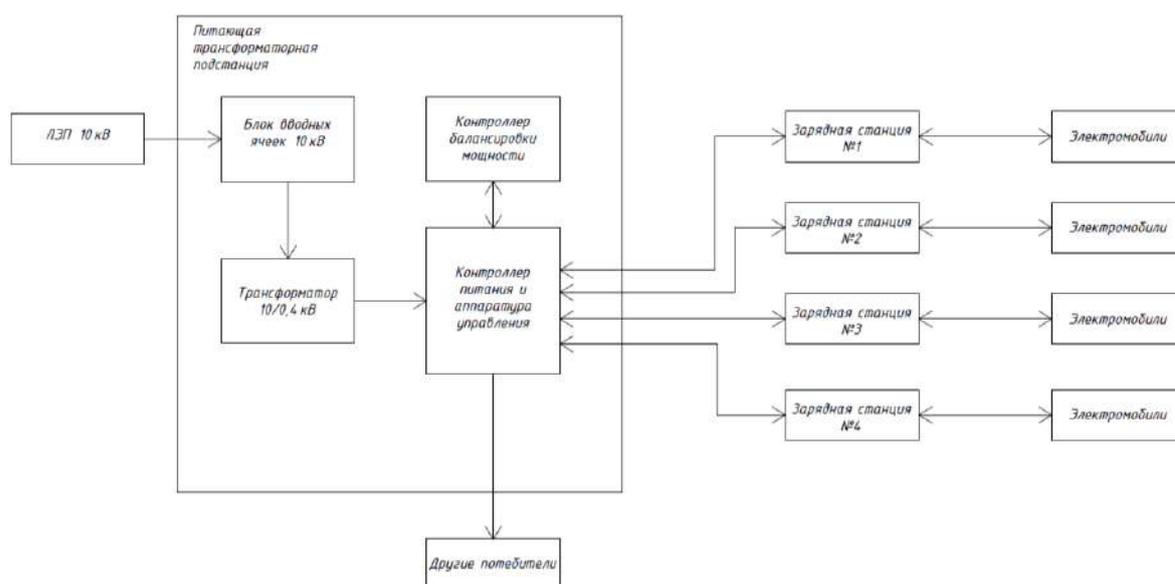


Схема питания нескольких зарядных станций для электромобилей с внедряемым контроллером балансировки мощности

Основными особенностями схемы питания зарядных станций с использованием метода балансировки мощности являются:

1. При наличии конечных потребителей (электромобилей) требующих разную мощность заряда, на всех подключенных к питающей подстанции зарядных электрических станциях, информация об избытке или недостатке мощности на зарядных станциях передается в контроллер балансировки мощности. В свою очередь контроллер проводит балансировку отдаваемой мощности между подключенными зарядными станциями для обеспечения оптимального цикла заряда.

2. Аналогично, при отсутствии потребителя на какой-либо зарядной станции, вся отдаваемая станцией мощность перераспределяется на задействованные ЗЭС требующие увеличения мощности.

Предлагаемая схема балансировки мощности между подстанциями позволит существенно развить зарядную инфраструктуру. В то же время использование, данного метода дает возможность снизить экономические издержки на установку электрических зарядных станций для электромобилей, ввиду отсутствия необходимости в строительстве новых питающих подстанций и увеличении мощности существующих.

Источники

1. Gianfranco Pistoia. Electric and Hybrid Vehicles. Power Sources, Models, Sustainability, Infrastructure and the Market. First Edition. Elsevier, 2010.

2. Khusnutdinova, E., Pavlov, P., Fandeyev, V., Khizbullin, R., Khusnutdinov, A., Cherepenkin, I.: In: IOPConf. Series: Materials Science and Engineering, vol. 915, p. 012032(2020).

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. Черепенькин И.В., Павлов П.П, Гарифуллин Р.Р., Павлов А.Э., Юнусов И.Ф. Анализ и выбор диагностической модели аппаратуры управления электрической зарядной станции для электромобилей // Энергетика транспорта. Актуальные проблемы и задачи: сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. Ростов-на-Дону, 2023 С. 193-197.

5. Закирова Н.Ж., Снежинская Е.С., Абдуллина А.Р., Павлов П.П. Отказоустойчивость аппаратуры технических систем // ТЧ-2021 «Энергетика и цифровая трансформация»: сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. Казань, 2021. С. 250–253.

АЛГОРИТМЫ ОГРАНИЧЕНИЯ МОЩНОСТИ ЗАРЯДНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ БАЛАНСИРОВКИ МОЩНОСТИ МЕЖДУ БЫСТРЫМИ ЗАРЯДНЫМИ СТАНЦИЯМИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Черепенькин Иван Вячеславович ¹, Гарифуллин Рустем Ринатович ²,
Павлов Антон Эдуардович ³

Науч. рук. к.т.н., доцент Павлов Павел Павлович

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

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

В результате анализа существующих типов зарядных станций предложена схема построения быстрой зарядной электрической станции (ЗЭС) для электромобилей. При одновременной установке нескольких таких ЗЭС на одной площадке, с питанием от одного источника, возникает потребность в увеличении мощности существующих сетей. Это ведет к значительным затратам (установка новой трансформаторной подстанции (ТП), увеличение мощности источника питания ТП и т.д.), а также значительным потерям времени на проведение этих работы. Предлагаемая схема позволит присоединять устанавливаемые ЗЭС к существующим сетям без увеличения мощности источника питания.

Ключевые слова: электромобиль, зарядная станция, мощность, режим заряда.

ALGORITHMS FOR LIMITING THE POWER OF A CHARGING ELECTRIC STATION FOR THE DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR POWER BALANCING BETWEEN FAST CHARGING STATIONS FOR ELECTRIC VEHICLES

Cherepenkin Ivan V¹, Garifullin Rustem R.², Pavlov Anton E.³

Scientific advisor Pavlov Pavel P.

^{1,2,3}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

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

The thesis presents the most optimal scheme for constructing charging stations for the development of charging infrastructure, identified as a result of an analysis of existing types of charging electric stations (CHS) for electric vehicles. When installing several such CHS on one site with power from one source, there is a need to increase the power of existing networks. This leads to significant capital costs (installation of a new transformer substation

(TS), increasing the power of the TS power supply, etc.), as well as significant loss of time for this work. The system being developed will allow connecting the installed CHS to existing networks without increasing the power of the power source.

Keywords: electric vehicle, charging station, power, charging mode.

Увеличение парка электромобилей в Российской Федерации сопряжено с проблемой создания и развития соответствующей зарядной инфраструктуры. Увеличение количества зарядных станций приводит к повышению уровня требуемой мощности питающих подстанций. Решение данной проблемы возможно путем применения в схеме заряда алгоритмов балансировки мощности между зарядными станциями [1,2]. Существует несколько вариантов построения алгоритмов балансировки мощности между несколькими ЗЭС питающимися от одной ТП с подключенными к ним потребителями [3]:

1. В случае снижения свободной мощности на трансформаторе ниже требуемого значения, происходит принудительное снижение мощности заряда на всех ЗЭС, с каким-то фиксированным шагом, без учета текущей на них нагрузки, вплоть до полного ограничения.

2. Объектом регулирования является, определенное требуемое значение, свободная мощность на трансформаторе. Имеет встроенный регулятор. В случае уменьшения свободной мощности ниже требуемого значения происходит принудительное снижение мощности заряда на всех ЗЭС согласно ПИ-закона регулирования. Имеет встроенный ограничитель от полного отключения нагрузки ЗЭС.

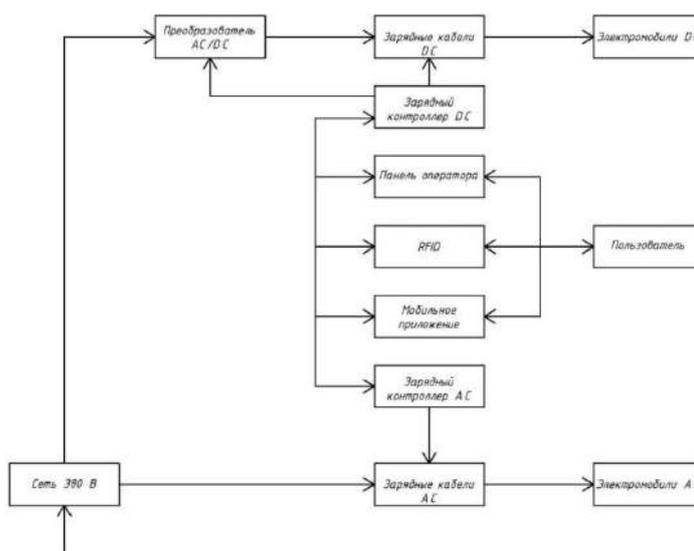
3. Объектом регулирования является, определенное требуемое значение свободная мощность на трансформаторе. Имеет встроенный регулятор. В случае уменьшения свободной мощности ниже значения уставки происходит принудительное снижение мощности заряда на всех неиспользуемых ЗЭС пропорционально существующей нагрузке заряда. Имеет встроенный ограничитель от полного отключения нагрузки ЗЭС.

Анализ рынка существующих ЗЭС позволяет выделить несколько типов построения ЗЭС для электромобилей [4,5]. Предлагаемая схема построения быстрой ЗЭС для электромобилей, с применением алгоритмов балансировки мощности, дает возможность одновременно установить несколько однотипных ЗЭС на одной площадке, с питанием от одного источника. Это позволяет решить задачу по обеспечению этих ЗЭС требуемой энергией, без увеличения мощности существующих сетей.

Упрощенная схема построения быстрых ЗЭС для электромобилей приведена на рисунке.

Данный тип зарядных станций относится к станциям быстрой зарядки электромобилей высокой мощности.

Введение в схему построения ЗЭС алгоритмов балансировки мощности позволит значительно увеличить количество зарядных станций и расширить возможности городской зарядной инфраструктуры. Это приведет к увеличению использования жителями городов индивидуальных электромобилей и общественного городского электрического транспорта, что соответственно благоприятно скажется на экологии мегаполисов.



Принципиальная схема быстрой зарядной электрической станции AC/DC

Источники

1. 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.

2. Черепенькин И.В., Павлов П.П, Гарифуллин Р.Р., Павлов А.Э., Юнусова И.Ф. Диагностика аппаратуры управления зарядной станции для электромобилей // Актуальные проблемы транспорта и энергетики: пути их инновационного решения: сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. Астана, 2023 С. 279-283.

3. Черепенькин И.В., Павлов П.П, Гарифуллин Р.Р., Павлов А.Э., Юнусова И.Ф. Анализ и выбор диагностической модели аппаратуры управления электрической зарядной станции для электромобилей // Энергетика транспорта. Актуальные проблемы и задачи: сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. Ростов-на-Дону, 2023 С. 193-197.

4. Khusnutdinova, E., Pavlov, P., Fandeyev, V., Khizbullin, R., Khusnutdinov, A., Cherepenkin, I.: In: IOPConf. Series: Materials Science and Engineering, vol. 915, p. 012032(2020).

5. Особенности тестирования систем C-V2X для беспилотного транспорта / А. К. Абдулхаков, П. П. Павлов, Р. Н. Хизбуллин [и др.] // Международный форум KazanDigital Week-2022: Сборник материалов Международного форума, Казань, 21–24 сентября 2022 года / Под общей редакцией Р.Н. Минниханова. – Казань: Научный центр безопасности жизнедеятельности, 2022. – С. 13-18.

УДК 621.314.5

ИМИТАЦИОННОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ОДНОФАЗНОГО АКТИВНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ

Чугров Александр Александрович¹, Петухов Николай Михайлович²

Науч. рук. асс. Храмов Антон Евгеньевич

^{1,2} ФГБОУ ВО «НГТУ им. Р.Е. Алексеева», г. Н. Новгород

¹ sanek_chugrov@mail.ru, ² petunikolai@gmail.com

Статья посвящена исследованию однофазного активного выпрямителя напряжения (АВН). Подробно рассматривается его принципиальная схема. Представлены результаты практической реализации цифровой системы управления преобразователем мощностью 1 кВт на базе универсального микроконтроллера *STM32F429*.

Ключевые слова: активный выпрямитель напряжения, широтно-импульсная модуляция, суммарный коэффициент гармонических искажений, коэффициент мощности.

SIMULATION AND EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF A SINGLE-PHASE ACTIVE RECTIFIER

Chugrov Alexander A. ¹, Petukhov Nikolai M. ²

Scientific advisor Khramov Anton E.

^{1,2} NNSTU, N. Novgorod

¹ sanek_chugrov@mail.ru, ² petunikolai@gmail.com

The article is devoted to the study of a single-phase active voltage rectifier (AVR). Its schematic diagram is considered in detail. The results of the practical implementation of a 1

kW digital converter control system based on the STM32F429 universal microcontroller are presented.

Keywords: active voltage rectifier, pulse width modulation, total harmonic distortion coefficient, power factor.

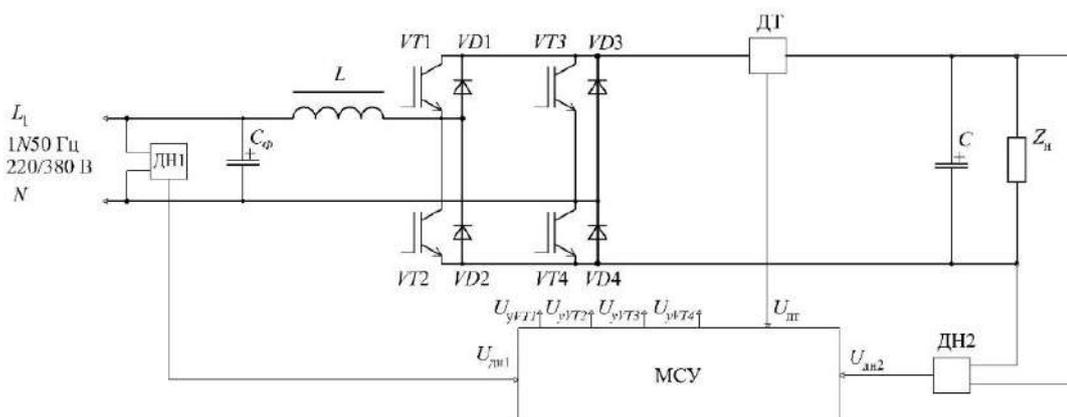
Однофазные схемы выпрямления используются на многих промышленных объектах, которые требуют подключения к звену постоянного тока. В числе таких систем выступают железнодорожный транспорт на электрической тяге в однофазных сетях переменного тока [1], источники бесперебойного питания [2], зарядные устройства для электромобилей, возобновляемые источники энергии – ветряные, солнечные электростанции, а также переносное сварочное оборудование.

Основным недостатком неуправляемых выпрямителей с ёмкостным фильтром на выходе является отсутствие возможности регулирования напряжения звена постоянного тока и низкий коэффициент мощности. Применение активных выпрямителей напряжения (АВН) на базе *IGBT* или *MOSFET* позволяет исключить указанные ограничения. Тем не менее, в этом случае ввиду высокой частоты широтно-импульсного управления (десятки кГц) пропорционально увеличиваются потери на переключение. Такой преобразователь является источником высших гармонических тока, которые могут иметь негативное влияние на остальных потребителей, подключённых к этой сети [3]. Также стоит отметить, что АВН позволяет контролировать форму потребляемого сетевого тока, делая его синусоидальным; суммарный коэффициент гармонических искажений не превышает 5 %. Для улучшения электромагнитной совместимости таких преобразователей с питающей сетью, во входной цепи переменного тока устанавливается *LCL* фильтр.

К настоящему времени вопросы, связанные с работой активного выпрямителя напряжения достаточно широко исследованы в отечественной и зарубежной литературе, поскольку преобразователи такого типа появились ещё в конце XX века. Однако с течением времени изменяется как элементная база, так и реализация системы управления АВН. Из-за отсутствия подобных устройств отечественного производства, Правительством РФ принято Постановление от 27 марта 2023 года № 486 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации», которое устанавливает принципы импортозамещения преобразовательной техники [4]. Вышеизложенное подтверждает следующее: задача разработки активного выпрямителя напряжения с цифровой системой управления на базе современного микроконтроллера является актуальной.

Вначале исследований проводился анализ режимов работы выпрямителя на основе созданных имитационных моделей в программах MatLab и MicroCap. Результаты моделирования доказали применимость разрабатываемого схемотехнического решения.

Согласно функциональной схеме, представленной на рисунке, система регулирования АВН содержит два контура управления: внешний контур напряжения и внутренний контур тока.



Функциональная схема однофазного активного выпрямителя

Внешний контур поддерживает на заданном уровне напряжение в звене постоянного тока, а внутренний обеспечивает формирование синусоидальной формы сетевого тока с заданным углом сдвига.

Реализована цифровая система управления, которая содержит блок широтно-импульсной модуляции, регулятор ПИ-типа, а также модуль обработки сигналов с датчиков тока и напряжения.

В разрабатываемом преобразователе импульсы управления транзисторами $VT1-VT4$ формируются непосредственно от микроконтроллера, поскольку при создании макета АВН применены модули отечественной фирмы «Электрум АВ» со встроенными драйверами.

Работа выполнена в рамках государственного задания на оказание государственных услуг (тема № FSWE-2022-0006).

Источники

1. Вахабович, Р.А., Болибоевич Н.М. Усовершенствование электроснабжения электровозного транспорта открытых горных предприятий // *Science Time*. 2017. №5 (41). С. 232-235.

2. Многомодульный ИБП - современная тенденция развития систем бесперебойного питания [Электронный ресурс]. <http://www.m-volt.ru/support/articles/article03.html?PHPSESSID=aa998744bfdaa38c7c74b2e90355c29b> (дата обращения: 27.02.2024).

3. Шевырёв Ю.В. Улучшение качества электроэнергии при работе полупроводникового преобразователя частоты // ГИАБ. 2020. №2. С. 171-178.

4. Постановление Правительства от 27 марта 2023 года №486 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» [Электронный ресурс]. <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202303300053> (дата обращения: 27.02.2024).

СЕКЦИЯ 6. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГОБЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 621-313.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В УМНЫХ СЧЕТЧИКАХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

Абдуллина Лилия Венеровна

Науч. рук. к.т.н., доцент Денисова Алина Ренатовна
ФГБОУ ВО «КГЭУ» г. Казань, Республика Татарстан

Lili6_93@mail.ru

Сегодня электроэнергия играет ключевую роль в нашей повседневной жизни, будучи наиболее практичным и универсальным источником энергии. Важным прорывом в области энергетики за последние годы стало введение в эксплуатацию интеллектуальных счетчиков электроэнергии. Эта статья представляет собой глубокий анализ этой технологии, объясняет принципы ее работы, описывает методы передачи данных и подчеркивает ее преимущества и недостатки.

Ключевые слова: инновация, информационная система, интеллектуальный счетчик, электроэнергия, перспективы и угрозы.

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN SMART ELECTRICITY METERS TO OPTIMIZE ENERGY CONSUMPTION

Abdullina Lilia V.

Scientific advisor Denisova Alina R.
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

Lili6_93@mail.ru

Today, electricity plays a key role in our daily lives, being the most practical and universal source of energy. An important breakthrough in the field of energy in recent years has been the commissioning of smart electricity meters. This article provides an in-depth analysis of this technology, explains how it works, describes data transfer methods, and highlights its advantages and disadvantages.

Keywords: innovations, information systems, smart meter, electricity, prospects and threats.

Каждый день мы используем электричество, великое открытие человечества, без которого экономическое развитие было бы невозможно. Наши предки жили без электричества на протяжении тысячелетий. Электричество играет огромную роль в нашей жизни, начиная с обеспечения комфорта в быту (освещение помещений) и заканчивая влиянием на всю нашу экономику. Это делает электроэнергию неотъемлемой частью современного образа жизни, необходимой для экономического роста. Вот почему как государственные (правительство), так и частные (предприятия ЖКХ) организации активно интересуются инновационными технологиями в сфере учета электроэнергии.

Интеллектуальный счетчик электроэнергии является одной из таких инноваций. Это электронное устройство, которое автоматически определяет объем потребляемой электроэнергии и передает эту информацию поставщикам для контроля и выставления счетов. Для этого используются серверы в дата-центрах, предназначенные для сбора и хранения показаний пользователей.

Интеллектуальные счетчики электроэнергии работают автоматически, собирая данные о потреблении каждые часы и отправляя их в централизованную систему не реже одного раза в день. Эти устройства помогают поставщикам следить за потреблением электроэнергии каждым потребителем, а в случае неуплаты могут отключать их от сети. Разработка таких счетчиков требует специализированных микросхем, которые могут преобразовывать сигналы в форму, понятную для микроконтроллера. Примером может служить преобразование мощности в импульсы, количество которых затем подсчитывается микроконтроллером и используется для расчета потребленной электроэнергии. Многие интеллектуальные счетчики имеют цифровой дисплей, который управляется микроконтроллером и может отображать различную информацию, такую как потребление энергии за каждый месяц или по разным тарифам. В некоторых случаях, для выполнения дополнительных функций могут использоваться внешние информационные системы. В настоящее время мы разработали специализированные информационные системы и микроконтроллеры со встроенными преобразователями мощности в частоту. Однако они могут быть слишком дорогими для использования в некоторых счетчиках.[3].

Преимуществами интеллектуального счетчика являются: прозрачность, доступность и точность данных о потреблении электроэнергии; снижение количества и продолжительности перебоев в электроснабжении; возможность контролировать использование ресурсов

и стоимость электроэнергии; повышение качества обслуживания. Для энергетической отрасли такое решение становится инструментом технологического развития благодаря: сокращению времени и частоты технологических сбоев; контролю качества электроэнергии у потребителей; оптимизации схем и режимов работы; повышению платежной дисциплины. [4, с. 1].

Однако не стоит идеализировать рассматриваемую технологию, ведь у нее есть и негативные стороны. Одним из недостатков интеллектуального счетчика электроэнергии является уязвимость безопасности [5, с. 83]. Не исключено, что хакеры могут взломать умный счетчик, чтобы впоследствии вывести из строя отдельные источники энергии [1]. Кроме того, в Великобритании были зафиксированы случаи возгорания умных счетчиков электроэнергии, которые вызывали пожары из-за неправильной установки приборов [2].

Сегодня счета за электроэнергию зависят от показаний счетчиков, предоставленных самими потребителями. Без показаний счетчика ваш поставщик будет просто задаваться вопросом, сколько энергии вы потребили и сколько вы должны заплатить. Интеллектуальные счетчики предназначены для устранения этой неопределенности, автоматически снимая показания и ежедневно отправляя их поставщику. Благодаря этому вы будете получать максимально точные счета в автоматизированном режиме, не тратя на это свое время.

Источники

1. Financial Times: “Electricity industry on alert for ‘cyber sabotage. State-sponsored hackers are developing the capability to disable power grids”.
2. BBC Watchdog: ‘House fires believed to have occurred as a result of poorly-fitted smart meters’ URL: <https://www.bbc.co.uk/programmes/articles/5THjNWMjNdKyWwCXt48HJNB/smart-meter-installations>
3. Peddie R.A. (1988) Smart Meters. Demand-Side Management and Electricity End-Use Efficiency // NATO ASI Series (Series E: Applied Sciences), vol 149, Pp. 237-251. 138
4. Bohli, J.-M., Sorge, C., Ugus, O. (2010) A Privacy Model for Smart Metering. // IEEE International Conference on Communications Workshops, Pp. 1–5.
5. Ebinger P., Hernández Ramos J.L., Kikiras P., Lischka M., Wiesmaier A. (2013) Privacy in Smart Metering Ecosystems // Lecture Notes in Computer Science, vol 7823, Pp. 74-107.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЛЬТОДОБАВОЧНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ 0,4 КВ

Бакирова Рузиля Ралифовна

Науч. рук. к.т.н., доцент Денисова Алина Ренатовна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
r.bakirova2017@yandex.ru

В данной работе рассматривается применение вольтодобавочных трансформаторов в составе пункта автоматического регулирования (ПАРН). Выделена область применения и функции, выполняемые данным устройством.

Ключевые слова: трансформатор, электрические сети, регулирование, напряжение, контроль, управление.

THE USE OF SURGE TRANSFORMERS IN 0.4 KV ELECTRICAL NETWORKS

Bakirova Ruzilya R.

Scientific advisor Denisova Alina R.
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
r.bakirova2017@yandex.ru

In this paper, the use of booster transformers as part of an automatic control point (ACP) is considered. The scope of application and functions performed by this device are highlighted.

Keywords: transformer, electrical networks, regulation, voltage, control, management

В связи с тем, что сейчас возрастает объем потребления электроэнергии необходимо увеличивать пропускную способность электрических сетей всех напряжений. Самыми важными показателями качества электроэнергии являются: частота – в нормальном режиме отклонения могут быть $\pm 0,1$ Гц, кратковременные отклонения могут быть $\pm 0,2$ Гц; напряжение – отклонение допустимо на $\pm 5\%$; синусоидальность – отклонение допустимо на $\pm 5\%$. Чтобы обеспечить должную пропускную способность и качественное электроснабжение потребителя используется несколько способов:

- Увеличение сечения провода электрической сети с сохранением класса напряжения (реконструкция воздушных линий);
- Повышение $U_{ном}$;
- Установка компенсирующих устройств на шинах потребителя для снижения перетоков реактивной мощности;
- Установка вольтодобавочных трансформаторов (ВДТ) в местах, где наблюдаются скачки потребления или присутствует фактор экономической нецелесообразности реконструировать сеть [1].

Если говорить о сетях без перспективы развития, то в качестве мер по поддержанию необходимого уровня напряжения можно использовать вольтодобавочные трансформаторы. ВДТ типа ТВМГ в среднем имеют срок службы – 25 лет. Если в сети, которая подключена к ВДТ, наблюдается аварийный режим, то вольтодобавочный трансформатор отключается при помощи функции байпас. Вольтодобавочные трансформаторы данного типа применяются в сетях 0,4; 6; 10 и 35 кВ, т.е. обеспечивают все классы потребителей электроэнергии. Также стоит учесть, что ТВМГ может повышать и стабилизировать напряжение на стороне среднего напряжения, если падение наблюдается на высокой стороне.

ВДТ выполняются на базе однофазных маслонаполненных автотрансформаторов наружной установки, которые имеют общую и последовательную обмотки, суть работы как у РПН. На последовательной обмотке обычно 32 (16 «вперёд» и 16 «назад») ступени для наиболее точной регулировки напряжения. Оснащается измерительными трансформаторами тока и напряжения. Управление переключателем ступеней осуществляется от микропроцессорного устройства контроля и управления [2]. Оно заключено в отдельный щит управления, крепящийся на корпусе ВДТ или этой же опоре (Рис.1).



Рис.1. ПАРН на опоре ЛЭП

Если подключать ВДТ в неполный треугольник, то максимально регулировать напряжение можно на $\pm 10\%$. Если включать на полный треугольник, то регулировку напряжения можно производить в пределах $\pm 15\%$ (Рис.2).

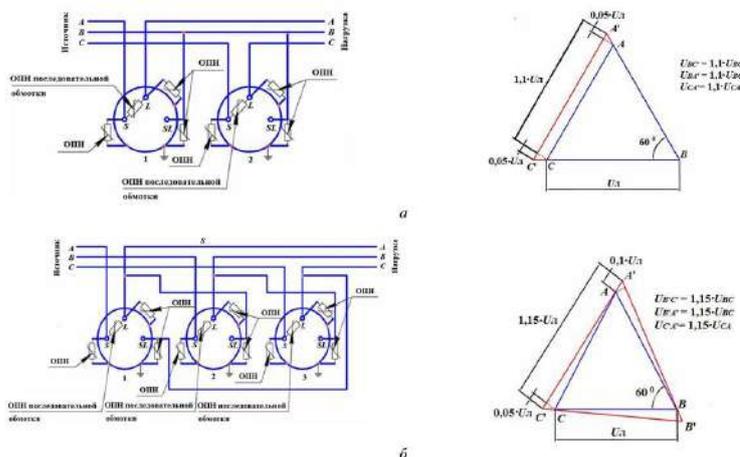


Рис.2. Подключение ВДТ в сети: а) двух; б) трёх

ПАРН используется в умеренном климате (категория У-1), допустимо эксплуатировать в умеренном холодном климате (УХЛ1), но данный пункт оснащается дополнительно датчиком температуры, который в случае замерзания масла ограничивает регулировку напряжения – блокирует контакторы переключателя ступеней.

Если анализировать существующие методы регулирования напряжения в электрических сетях, то вольтодобавочные трансформаторы являются наиболее экономически выгодным инструментом надёжного обеспечения электроэнергией потребителя в тупиковых сетях, которые не подлежат в ближайшее время реконструкции.

Источники

1. Ахметшин А.Р. Выбор оптимального технического решения для обеспечения нормативного уровня напряжения в распределительных сетях 0,4–10 кВ / А.Р. Ахметшин, Э.Ю. Абдуллазянов // Вестник ИРГТУ. – 2011. – № 6. – С. 113–118.

2. Денисова, А. Р. Программа повышения энергоэффективности административных зданий / А. Р. Денисова, Д. Ю. Панов // Глобализация научных процессов : Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции, Кемерово, 28 февраля 2017 года. – Кемерово: Общество с ограниченной ответственностью "Научное партнерство "Апекс", 2017. – С. 28-30. – EDN YJQOSN.

УЧЕТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭЛЕКТРОЩИТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Бакирова Рузиля Ралифовна

Науч. рук. к.т.н., доцент Денисова Алина Ренатовна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
r.bakirova2017@yandex.ru

В данной работе рассматривается обеспечение электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства с учетом всех электромагнитных помех, воздействующих на электрощитовое и микропроцессорное оборудование. Выделяются наиболее опасные воздействия электромагнитных полей.

Ключевые слова: электромагнитная совместимость, помехи, оборудование, хозяйство, воздействие.

CONSIDERATION OF ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY IN THE DESIGN OF ELECTRICAL SWITCHBOARD EQUIPMENT

Bakirova Ruzilya R.

Scientific advisor Denisova Alina R.
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
r.bakirova2017@yandex.ru

This paper considers the provision of electromagnetic compatibility at power grid facilities, taking into account all electromagnetic interference affecting switchboard and microprocessor equipment. The most dangerous effects of electromagnetic fields are highlighted.

Keywords: electromagnetic compatibility, interference, equipment, household, impact.

В настоящее время любое оборудование вторичной коммутации, каналы связи, кабели вторичной коммутации подвергаются на протяжении всего срока службы воздействиям электромагнитных полей (ЭМП) различной величины и характера.

Необходимо отметить, что при несоблюдении условий электромагнитной совместимости (ЭМС) может привести к повреждению оборудования вторичной коммутации, неправильной работе устройств релейной защиты и автоматики (РЗА), перекрытию изоляции кабелей

вторичной коммутации и клемм шкафов вторичной коммутации, привести к сбою в работе автоматизированных рабочих мест персонала что существенно снижает надежность работы энергообъекта [1-2].

Источниками электрических помех могут быть: молниевые разряды с большими импульсными токами (при прямом ударе наблюдается всплеск электромагнитных полей и увеличение разности потенциалов на заземлении); сети, которые в режиме короткого замыкания генерируют магнитные и электрические поля высокого значения; радиопередатчики и электрические сети во время переходных процессов; статическое электричество.

Электромагнитная совместимость должна соблюдаться для систем АСКУЭ и РЗА; электроснабжения переменным током 0,4 кВ; каналов связи и других систем, обладающих в качестве устройств управления микропроцессоры.

Существует два вида помех в линиях связи: нормального вида – когда напряжение помехи действует между проводами электрической линии и поступает на ввод трансформатора связи (ТС) как рабочий сигнал, вызывая сбои в работе ТС; общего вида – такие помехи создают напряжение между проводом и землёй. Необходимо отметить, что помехи общего вида опасны для изоляции проводов и трансформатора связи.

При проектировании принимают уровни электромагнитных воздействий для оборудования вторичной коммутации и устройств связи. В таблице приведены элементы электрохозяйства, на которых акцентируют внимание с целью защиты электропитового оборудования.

Устройства, подверженные наибольшему воздействию электромагнитных полей и меры по его снижению

№	Устройство	Мероприятия по снижению воздействия ЭМП
1.	Заземляющие устройства	Определение токов в экранах броне и оболочке кабелей цепей вторичной коммутации по условиям термической стойкости
2.	Молниезащита	Определение допустимых расстояний от заземляющих устройств молниеотводов до контрольных кабелей
3.	Система электроснабжения	При напряжении 0,4 кВ переменного тока применяют нормируемые параметры по ГОСТ 13109 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения»

В качестве рекомендаций при проектировании электрощитового оборудования необходимо выполнять следующие рекомендации электромагнитной совместимости для надёжной работы электрохозяйства, а именно устройств с микропроцессорной техникой или вторичной коммутации [3]:

- Необходимо снижать общее сопротивление гальванически связанных цепей посредством прокладки кабелей вдоль хорошо заземлённых металлоконструкций с большим сечением или установкой дополнительных заземлителей;
- Уменьшение индуктивной составляющей сопротивления цепей. Можно увеличить ширину между проводниками с учётом его длины – от этого зависят электромагнитные поля;
- Удаление чувствительных цепей с трансформаторами связи из цепей с быстроизменяющимися токами. Рекомендуется избегать прокладки контрольных кабелей рядом с заземляющими устройствами;
- Прокладка чувствительных цепей в грунте, либо ближе к поверхности грунта. Размещение трансформаторов связи отдельно от источников электромагнитного излучения – сотовые телефоны, радиостанции;
- Применение оптоволоконных линий связи;
- Размещение технических средств в зонах с допустимыми значениями напряженности электромагнитных полей.

Источники

1. Еремич Я.Э., Пашичева С.А., Халилов Ф.Х. К вопросу электромагнитной совместимости и надёжности элементов в сетях 0. 4-35 кВ // Труды Кольского научного центра РАН. 2017. №1-14 (8).
2. Горюнов А. К., Таджибаев А. И., Халилов Ф. Х. Электромагнитная совместимость в сетях низкого напряжения и меры борьбы с ее нарушениями: учеб. пособие. СПб.: ПЭИПК, 2002.
3. Белашов, В. Ю. Воздействие внешнего электромагнитного поля на кабельные линии / В. Ю. Белашов, А. Р. Денисова // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2003. – № 11-12. – С. 107-117. – EDN NPTOUN.

УЧЕТ НОРМАТИВОВ ГОСТОВ ПРИ АНАЛИЗЕ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКЦИИ СВЕТИЛЬНИКОВ НА РАССТОЯНИЕ МЕЖДУ ОПОРАМИ ОСВЕЩЕНИЯ НА АВТОМАГИСТРАЛЯХ

Бережной Ярослав Анатольевич

Науч. рук. кандидат техн. наук, доцент Иванова Виля Равильевна

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

berezhnoy96@list.ru

В данной статье автором были рассмотрены существующие ГОСТы, с целью проведения анализа влияния конструкций светильников на расстояние между опорами освещения на автомагистралях. Важность данной темы объясняется тем, что автомагистраль представляет собой автомобильную дорогу, где разрешено передвигаться транспортным средствам с высокой скоростью. В связи с чем освещение играет очень важную роль в обеспечении безопасности на данных участках автодороги.

Ключевые слова: автомагистраль, освещение, расстояние между опорами, влияние нормативов, безопасность.

CONSIDERATION OF GOST STANDARDS IN THE ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE DESIGN OF LAMPS ON THE DISTANCE BETWEEN LIGHTING POLES ON MOTORWAYS

Berezhnoy Yaroslav A.

Scientific advisor Ivanova Vilia R.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

berezhnoy96@list.ru

In this article, the author reviewed the existing GOST standards in order to analyze the influence of lamp designs on the distance between lighting poles on highways. The importance of this topic is explained by the fact that a motorway is a highway where vehicles are allowed to move at high speed. Therefore, lighting plays a very important role in ensuring safety on these sections of the highway.

Keywords: highway, lighting, distance between supports, impact of regulations, safety.

Трасса представляет собой прямую, в которой отсутствуют резкие повороты, что делает ее скоростным участком автодороги, с несколькими

рядами полос и ограждениями по соответствующим сторонам движения [1]. В свою очередь при проектировании и последующем благоустройстве данной дороги должны учитываться следующие факторы: особенность дороги, интенсивность трафика, количество потенциально опасных участков в силу того, что именно от них в большинстве случаев зависит правильность организации освещения. В свою очередь сам процесс проектирования освещения на автомагистралях заключается в разработке проектной и рабочей документации на устройство искусственного освещения [2].

И от правильно расположенных на необходимом расстоянии конструкций светильников зависит безопасность передвижения водителя и пассажиров, так как слишком большое расстояние между опорами может привести к недостаточному освещению дороги, и соответственно ухудшению видимости, а с другой стороны, слишком малое расстояние между опорами может, наоборот, привести к избыточному освещению, которое приведет к ухудшению видимости на дороге и повышению риска аварий [3].

При определении расстояния между опорами для освещения дорожного полотна необходимо учитывать следующие критерии:

- Необходимость равномерного распределения светильников вдоль дорожного полотна.
- Учет норм ГОСТ, СНИП, СП.
- Формирование светильниками сфокусированного и целостного потока света для освещения заданного участка магистрали.
- Освещение прилегающей зоны и обочины.
- Соответствие освещения пешеходных переходов нормативам ГОСТ 55706-2013.

При установке новых систем или реконструкции существующих необходимо руководствоваться действующими нормами, такими как ГОСТ Р 55844-2013, ГОСТ Р 56239-2014, ГОСТ 33176-2014, ГОСТ Р 55706-2013, СП 52.13330.2016, ГОСТ Р 58107.1-2018, ПНСТ 28-2015, ГОСТ IEC 60598-2-3-2012.

Стандарты, касающиеся освещения автомобильных дорог, указывают следующие требования:

- Обеспечение равномерного освещения без участков затенения, при этом светильники должны располагаться на расстоянии до 45 м друг от друга.
- Направление светового пучка непосредственно на дорогу для обеспечения его эффективности.

- Сочетаемость светильников для обеспечения качественного освещения каждой полосы и обочин на широких дорогах, а также на их примыканиях.

- Корректировка яркости или цветности осветительных приборов для выделения участков с повышенной опасностью [4,5,6].

Таким образом на основании вышеизложенного можно сказать, что расстояние между опорами на автомагистрали играет колоссальное влияние на обеспечении безопасности передвижения автомобилей по ним. При определении расстояния между конструкции, необходимо их разместить таким образом, чтобы они не были слишком далеко расположены друг от друга, но и не на близком расстоянии, поскольку при их неверном расстоянии возрастет количество ДТП, поскольку будет обеспечена плохая видимость дорожного полотна и других транспортных средств.

Источники

1. Принципы организации освещения автомобильных трасс / [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://ksosvet.ru/blog/principy-organizacii-osveshhenija-avtomobilnyh-trass/>. – (дата обращения 13.02.2024).

2. Методические рекомендации по проектированию искусственного освещения автомобильных дорог общего пользования. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://rosavtodor.gov.ru/storage/app/media/uploaded-files/242odm-2188007-2016.pdf>. – (дата обращения 13.02.2024).

3. Влияние расстояния между опорами уличного освещения на пропускную способность дорог. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://peak-leds.ru/blog-vliyanie-rasstoyaniya-mezhdu-oporami-ulichnogo-osvescheniya-na-propusknuyu-sposobnost-dorog/>. – (дата обращения 13.02.2024).

4. Освещение автомобильных дорог. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://umecon.ru/press/view/308>. – (дата обращения 13.02.2024).

5. ПНСТ 28-2015 Дороги автомобильные общего пользования. Освещение архитектурное и функционально-декоративно. Нормы и методы измерений: издание официальное: Введ. 04.02.2015. — М.: Стандартиформ, 2015. – 14 с. – (дата обращения 13.02.2024).

6. ОДМ 218.8.007-2016 Методические рекомендации по проектированию искусственного освещения автомобильных дорог общего пользования издание официальное: Введ. 23.03.2016 — М.: ООО «ВНИСИ», 2018. – 30 с. – (дата обращения 13.02.2024).

МЕТОДЫ И ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Брехов Евгений Викторович¹, Фетисов Леонид Валерьевич²

^{1,2}ФГБОУ ВО "КГЭУ", г. Казань, Республика Татарстан

¹brekhov_zhenya@mail.ru, ²leonidfetisov@mail.ru

В данной статье подробно рассмотрены методы проектирования объектов капитального строительства, а также описаны основы и все необходимые мероприятия при проектировании жилых зданий.

Ключевые слова: САПР, BIM-моделирование, объект капитального строительства, жилое здание.

METHODS AND BASICS OF DESIGNING CAPITAL CONSTRUCTION OBJECTS

Brekhov Evgeny V.¹, Fetisov Leonid V.²

^{1,2} KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹brekhov_zhenya@mail.ru, ²leonidfetisov@mail.ru

This article describes in detail the methods of designing capital construction facilities, as well as describes the basics and all necessary measures for the design of residential buildings.

Keywords: CAD, BIM-modeling technology, capital construction objects, residential building.

Понимание основ архитектурного строительства – один из самых важных аспектов проектирования объектов капитального строительства. В любом производственном процессе огромное значение имеет модель постройки вне зависимости от того, жилое это здание или промышленное помещение. Информационную модель проектируемого объекта позволяет реализовать САПР - система автоматизированного проектирования[1]. Между тем, в процессе проектирования объекта капитального строительства существует целый ряд обязательных к исполнению мероприятий[1]:

1) Сбор исходно-сопроводительной спецификации. Это комплект документации и материал, которые характеризуют будущий объект строительства;

2) Инженерные исследования, определяющие природу и антропогенные условия площади застройки;

3) Составление проектной сметы;

4) Составление производственной отчетности, определяющей комплекты чертежей и проектной документации;

5) Утверждение штампов и подписей на чертежах, определение состава законодательно-правовой сметы.

Каждый проектировщик должен знать разделы проектной документации – еще один важный аспект проектирования[2]:

1) Пояснительная записка;

2) Схема архитектурной организации земельного участка;

3) Архитектурные решения;

4) Конструктивные и объемно-планировочные решения;

5) Инженерное оборудование и сети;

6) Проект организации строительства жилого здания;

7) Охрана окружающей среды;

8) Мероприятия по энергоэффективности и энергосбережению;

9) Противопожарная безопасность;

10) Сметная документация на строительство.

Строительство и проектирование жилых зданий основано прежде всего на уникальности, схематизации и уникальности элементов и деталей архитектурных методик и решений.

При проектировании объектов капитального строительства существует ряд различных методов[3]:

1) Типовое проектирование жилого здания. В типовом проекте применяются готовые и уже проверенные временем инженерные решения по строительству однотипных жилых зданий.

2) Серийное проектирование жилого здания. Серийное проектирование основано главным образом на минимальных принципах, таких как, например, применение одинаковых строительных материалов, конструктивных систем, количества этажей и оснащения.

3) Графический метод проектирования. Данный метод предоставляет возможность представить изображение пространства и помещений на основе правил чертежной геометрии. Графический метод позволяет проводить исследование здания, начать поиск дизайнерских решений, а также обеспечить детальную работу с элементами и узлами конструкции.

4) Модельно-сборочный метод, используемый для формирования объемных моделей строений в пространстве.

5) Макетно-графический метод проектирования, задачей которого является взаимодействие графического материала с моделированием объектов элементов жилого здания и комплексного подхода.

6) Проектирования жилых зданий с применением BIM – технологий. BIM (Building Information Model) – комплекс специального программного обеспечения, позволяющий создавать и обрабатывать данные о 3D модели здания в процессе его проектирования[4]. Проекты, созданные с помощью BIM-моделирования, являются комплексными, что позволяет обобщать множество данных, поступающих от всех членов проектной команды. Впоследствии эти данные передаются на цифровую 3D модель проектируемого объекта. Подробная 3D модель в свою очередь помогает в визуализации частей объекта на мельчайшем уровне, что способствует внесению тех или иных корректировок и модификаций модели в процессе проектирования[5].

Таким образом, проектирование объектов капитального строительства включает в себя целый ряд различных друг от друга методов. В зависимости от цели проектирования и технического задания проектировщик может подобрать наиболее удобный для себя метод.

Источники

1. Проектирование зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения: Учебное пособие / Под ред. Маиляна Д.Р.. - Рн/Д: Феникс, 2017. - 109 с.

2. Кузнецов, В.С. Железобетонные конструкции многоэтажных зданий. Курсовое и ди-пломное проектирование: Учебное пособие / В.С. Кузнецов. - М.: АСВ, 2013. - 200 с.

3. Лисициан, М.В. Архитектурное проектирование жилых зданий / М.В. Лисициан, В.Л. Пашковский, З.В. Петунина; Под ред. Е.С. Пронин. - М.: Архитектура-С, 2010. - 488 с.

4. Что такое BIM технологии? // Autodesk. [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.autodesk.ru/campaigns/aec-building-design-bds-new-seats/landing-page/> (дата обращения: 28.02.2024).

5. В. П. Куприяновский, П. А. Тищенко, С. А. Синягов, М. А. Раевский, С. И. Савельев, В. В. Кононов, А. И. Сачик, BIM- основы и преимущества применения технологий// ArcReview. 2015. С. 15-16.

СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ МОЛНИЕЗАЩИТЫ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Быков Антон Евгеньевич

Науч. рук. канд. тех. наук, доцент Денисова Алина Ренатовна

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

anton.bykov.03.02@gmail.com

В статье описана природа возникновения молнии. Представлены виды систем молниезащиты, а также преимущества активного молнеприемника над пассивным. Описана система защиты посредством УЗИП.

Ключевые слова: молния, молниезащита, молнеприемник, УЗИП.

MODERN LIGHTNING PROTECTION SYSTEMS FOR RESIDENTIAL BUILDINGS

Bykov Anton E.

Scientific advisor Denisova Alina R.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

anton.bykov.03.02@gmail.com

The article describes the nature of the occurrence of lightning. The types of lightning protection systems are presented, as well as the advantages of an active lightning receiver over a passive one. The protection system by surge protection device is described.

Keywords: lightning, lightning protection, lightning receiver, surge protection device.

Молния – мощный электрический разряд, возникающий вследствие роста напряженности между поверхностью земли и грозовым облаком. Этот разряд начинается со ступенчатого лидера – слабосветящегося разряда, который с большой скоростью движется по направлению к земле, по пути с наибольшей электропроводностью воздуха. Приближаясь к поверхности, лидер направляется к месту скопления большого количества индуцированных зарядов. Далее по полученному каналу отрицательные заряды устремляются в землю – сначала заряды из нижней его части, затем из облака. Таким образом, основной разряд происходит снизу вверх [1].

Воздействия молнии на различные объекты разделяются на:

- первичные – прямой удар молнии (ПУМ);

- вторичные – проявляется в электромагнитной индукции.

Современные системы молниезащиты разделяются на внешнюю и внутреннюю. Первая представляет собой конструкцию, состоящую из молниеприемника, токоотвода и заземляющего устройства. Она служит для защиты зданий и сооружений от разрушительного действия ПУМ. Принцип действия внешней системы молниезащиты основывается на накоплении заряда на вершине молниеприемника и создании восходящего лидера, вследствие чего происходит нарастание напряженности электрического поля между ним и развивающимся лидером, что предопределяет удар молнии.

Пассивная молниезащита может быть выполнена в виде стержня, троса или сетки. Выбор того или иного молниеприемника зависит от назначения здания и его категории защиты. Для жилых зданий применяется молниезащита в виде сетки либо комбинированная.

Системы активной молниезащиты начали использоваться с конца XX века. По виду она напоминает обычный стрелевой молниеприемник, однако он оснащен электронным устройством с конденсаторами, которые начинают накапливать заряд по мере приближения грозового облака. После накопления достаточного заряда происходит формирование восходящего лидера. Такое дополнение позволяет захватывать молнию на большем расстоянии, по сравнению с пассивными системами (в 5-6 раз) [2].

Преимущества системы активной молниезащиты:

- зона защиты значительно превосходит зону защиты пассивного молниеприемника;
- высокий уровень защиты;
- автономность устройства;
- устройство активируется только при наличии риска возникновения молнии.

Однако множество именитых специалистов в области молниезащиты в своих работах приводят различные доводы о бесполезности активных молниеприемников. Также проводилось множество опытов, доказывающих неэффективность такого вида защиты, задокументировано множество случаев попадания молнии в здания, находящиеся рядом с устройством активной молниезащиты [3].

На данный момент в России не существует нормативно-технической документации, которая бы разрешала или запрещала использование систем активной молниезащиты.

Внутренней системой молниезащиты можно назвать устройство защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП). Внутри устройства находится варистор, проводимость которого при нормальном напряжении практически нулевая. Однако при увеличении напряжения его проводимость возрастает нелинейно. УЗИП защищает оборудование от перенапряжений, вызванных ПУМ, от наведенных импульсных перенапряжений, а также от коммутационных перенапряжений.

Принцип работы: УЗИП подключается параллельно к защищаемому оборудованию и при увеличении напряжения до опасного уровня, отводит часть тока в землю, снижая напряжение до нормальных значений [4].

В заключение можно сказать, что активная молниезащита не обладает достаточной эффективностью, по сравнению с традиционными системами. Пассивный молниеприемник в совокупности с УЗИП может обеспечить безопасность как человека, так и оборудования.

Источники

1. Базелян Э.М., Райзер Ю.П. Физика молнии и молниезащиты. М.: Изд-во Физматлит, 2001. - С. 212-249.
2. Куклин В. Д. Системы активной молниезащиты // Наука молодой - будущее России. - Курск: ЗАО "Университетская книга", 2018. - С. 213-215.
3. Харламенков А. С. Современная молниезащита зданий и сооружений. Часть 2 // Пожаровзрывобезопасность. - 2020. – Т. 29, №1. - С. 89-92.
4. Афонин Д. В., Ахмеров А. В. Применение устройств защиты от импульсного перенапряжения в сетях напряжением 0,4 кВ // Поволжский научный вестник. - 2017. - №2. - С. 4-8.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Быков Антон Евгеньевич¹, Мухаметова Азалия Ренатовна², Бадертдинова Дина
Ранисовна³, Колесников Никита Евгеньевич⁴

Науч. рук. канд. тех. наук, доцент Денисова Алина Ренатовна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹anton.bykov.03.02@gmail.com, ²mukhametova.15@mail.ru,

³badertdinova25.2003@mail.ru, ⁴Nikita.kolesnikov.02@mail.ru

В статье описаны последствия использования в электроэнергетике цифровых технологий и искусственного интеллекта. Предложен возможный вариант внедрения ИИ для прогнозирования нагрузок, а также его влияние на бережливое производство.

Ключевые слова: искусственный интеллект, цифровизация, бережливое производство.

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES IN THE ELECTRIC POWER INDUSTRY

Bykov Anton E.¹, Mukhametova Azalia R.², Badertdinova Dina R.³, Kolesnikov Nikita E.⁴
Scientific advisor Denisova Alina R.

^{1,2,3,4} KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹anton.bykov.03.02@gmail.com, ²mukhametova.15@mail.ru,

³badertdinova25.2003@mail.ru, ⁴Nikita.kolesnikov.02@mail.ru

The article describes the consequences of the use of digital technologies and artificial intelligence in the electric power industry. A possible option for the implementation of AI for predicting loads, as well as its impact on lean manufacturing, is proposed.

Keywords: artificial intelligence, digitalization, lean manufacturing.

Технологии Индустрии 4.0, такие как IoT, Big Data, цифровые двойники и машинное обучение создали условия для цифровизации энергетики, результатом которой будет являться сокращение технологических ошибок и снижение количества «ручного труда». В условиях ежегодного увеличения электропотребления цифровые технологии становятся необходимым инструментом для управления энергосистемой на должном уровне надежности и эффективности. По

различным оценкам уровень цифровизации электроэнергетики России составляет 30-40%. На данный момент лидерами по внедрению цифровых технологий, помимо Системного оператора, являются ПАО «РусГидро», ПАО «Россети» и ООО «Росэнергоатом».

Цифровизация сделала возможным оперативно-диспетчерское управление изолированными территориями Системным оператором. Поэтому централизация этих функций вызывает необходимость наличия инструмента прогнозирования спроса на электроэнергию, для надлежащего и экономически выгодного функционирования энергосистемы [1].

Прогнозирование нагрузок является неотъемлемой частью поддержания надежности режимов работы энергосистемы. Однако при использовании традиционных методов могут возникать ошибки в расчетах. При использовании искусственного интеллекта также возможно наличие погрешностей, которые все же ниже, при аналогичных операциях существующими методами [2]. Как пример, компания «Россети» с использованием нейронных сетей добилась точности прогнозирования электропотребления на уровне 96-97%.

Внедрение ИИ мы видим следующим образом:

Первый этап. Создание цифрового двойника электроэнергетической системы — это процесс создания цифровой (виртуальной) модели системы, всех компонентов системы и их взаимодействия друг с другом. Для создания цифрового двойника необходимо иметь подробную информацию о каждом компоненте системы, такую как тип оборудования, его характеристики, местоположение, связи с другими компонентами и т.д.

Второй этап. Сбор и обработка данных, на основе которых будет происходить обучение искусственного интеллекта. В результате модель будет способна прогнозировать будущие тенденции потребления.

Третий этап. Машинное обучение и тестирование модели для построения закономерностей и уменьшения количества ошибок.

И четвертый этап. Внедрение ИИ для прогнозирования нагрузок и постоянное улучшение модели.

Последствия от внедрения ИИ для прогнозирования нагрузок с точки зрения бережливого производства:

- Снижение операционных расходов: более точное прогнозирование позволяет оптимизировать производство и закупку электроэнергии, что приводит к снижению затрат.

- Повышение надежности энергосистемы: ИИ может помочь в предотвращении перегрузок и аварийных ситуаций, повышая надежность энергоснабжения.

- Развитие возобновляемых источников энергии: искусственный интеллект может помочь в интеграции возобновляемых источников энергии в энергосистему, прогнозируя их выработку и оптимизируя баланс спроса и предложения.

Согласно [3] внедрение ИИ экономит:

- 1-2% от годового объема потребления электроэнергии
- 5-10% от годовых затрат на производство электроэнергии.
- 5-10% от годовых затрат на техническое обслуживание.

Таким образом, системы искусственного интеллекта могут значительно улучшить прогнозирование энергопотребления на промышленном уровне, что в конечном итоге повысит надежность, безопасность и качество предоставляемых услуг по энергоснабжению.

Источники

1. Массель Л.В. Цифровизация и современные тренды искусственного интеллекта // Актуальные вопросы аграрной науки. №45. 2023. С.48-63.

2. Буланенков В. А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В УПРАВЛЕНИИ ЭНЕРГОСИСТЕМАМИ // . 2023. №29 (127).

3. Ивановский Б.Г. Экономические эффекты от внедрения технологий «искусственного интеллекта» // Социальные новации и социальные науки. – Москва : ИНИОН РАН, 2021. – № 2. – С. 8–25.

ОБ АКТУАЛЬНОСТИ ОЧИСТКИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ

Васильев Альберт Валерьевич¹, Иванова Вилия Равильевна²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹vasilev_albert123@mail.ru, ²vr-10@mail.ru

В статье рассмотрены проблемы с накоплением снега и наледи на солнечных панелях и их влияние на эффективность солнечной энергии. Исследованы различные методы очистки, включая вибрационный подход, изменение натяжения проводов, эффект Вентери и гидрофобные покрытия. Проанализированы преимущества и ограничения каждого метода в различных условиях. Результаты исследования позволяют определить наиболее эффективные подходы к очистке солнечных панелей, способствуя устойчивому развитию солнечной энергетики.

Ключевые слова: солнечные панели, методы очистки, инновационные решения, эксплуатационные условия, датчики контроля, автоматизация систем, климатические условия

ABOUT THE RELEVANCE OF CLEANING PHOTOVOLTAIC MODULES

Vasilyev Albert V., Ivanova Viliya R.

^{1,2} KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹vasilev_albert123@mail.ru, ²vr-10@mail.ru

The article discusses issues related to snow and ice accumulation on solar panels and their impact on solar energy efficiency. Various cleaning methods are explored, including vibrational approach, tension adjustment of wires, Venturi effect, and hydrophobic coatings. The advantages and limitations of each method in different conditions are analyzed. The research results enable the identification of the most effective approaches to cleaning solar panels, contributing to the sustainable development of solar energy.

Keywords: solar panels, cleaning methods, innovative solutions, operational conditions, control sensors, system automation, climatic conditions

Снежные осадки представляют серьезную проблему не только для обычных поверхностей, но и для фотоэлектрических панелей, которые играют ключевую роль в производстве солнечной энергии. Накопление

снега на поверхности фотоэлектрических модулей приводит к существенному снижению их эффективности за счет блокировки солнечного света и создания тени, что ведет к уменьшению генерации электроэнергии. Поэтому, в свете растущей потребности в использовании возобновляемых источников энергии и усилении стремления к энергоэффективности, необходимо активно разрабатывать и совершенствовать методы очистки фотоэлектрических панелей от снега.

Этот аспект приобретает особую важность в современном мире, где переход к зеленой энергетике становится приоритетом, а солнечная энергия играет ключевую роль в этом процессе. Эффективное управление снежным покровом на поверхности фотоэлектрических панелей является необходимым условием для обеспечения непрерывного производства электроэнергии и максимизации потенциала солнечных установок [1]. Следовательно, актуальность разработки и совершенствования способов очистки фотоэлектрических панелей от снега становится все более очевидной и нарастающей.

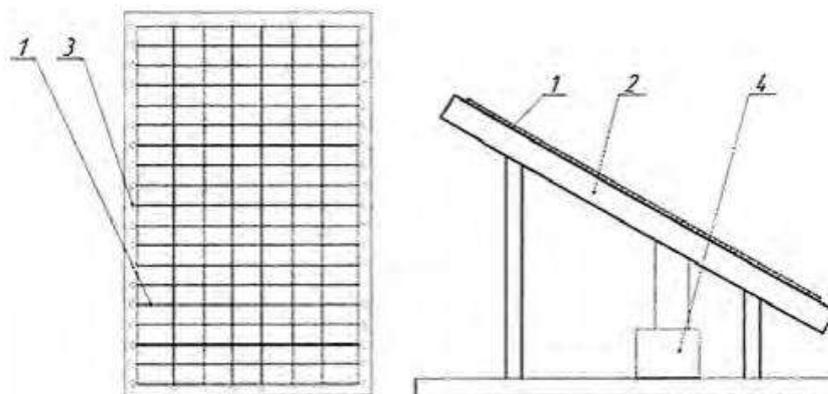
Рассмотрим актуальные способы, которые разрабатываются и применяются уже сегодня.

Первый – вибрационный метод, представляющий собой инновационное решение для автономной очистки фотоэлектрических панелей от снега и льда. Он включает в себя комплексную систему, состоящую из источника питания, солнечной панели, датчиков контроля загрязнения и специальных вибрационных блоков. При обнаружении на панели снега или льда датчики активируют электрический ток через специально уложенные провода, что приводит к их нагреванию и последующему таянию снежного покрова [2]. После этого вибрационные блоки автоматически активируются для эффективной очистки поверхности от загрязнений и остаточной наледи.

Несмотря на предполагаемую эффективность этого метода, его основные ограничения связаны с технической сложностью и невозможностью установки в полевых условиях. Заводская сборка системы требует использования множества элементов, таких как четыре вибрационных блока и нагревательные провода, что увеличивает расход энергии и снижает коэффициент полезного действия всей системы.

Также разработано и активно используется устройство для автоматизированной очистки солнечной панели (см. рисунок), основанное на принципе изменения натяжения проводов (1) с целью стимулировать процесс очистки. Этот процесс инициируется подачей переменного тока из источника (4), что обеспечивает согласование собственных частот колебаний горизонтальных и вертикальных проводов, обнаруживаемое датчиками натяжения (3). При достижении максимальной амплитуды

колебаний и механического резонанса, происходит вибрация проводов, что способствует разрушению льда и таянию снега на поверхности солнечной панели (2) [3]. Помимо этого, нагрев проводов способствует стеканию растаявшего снега вниз по склону солнечной панели.



Устройство для автоматизированной очистки солнечной панели

Это устройство позволяет автоматизировать процесс очистки солнечных панелей без прямого вмешательства оператора, обеспечивая стабильную работу в любых погодных условиях и повышая общую эффективность системы преобразования солнечной энергии.

Ещё один способ – установки с использованием сужающихся трубок, основанных на принципе эффекта Вентури. Воздух, поступающий в сужающиеся трубки, получает достаточное ускорение для сдувания снега с поверхности солнечных модулей [4]. Преимуществами данного метода являются высокая эффективность и экономичность, однако он неэффективен в зонах с низкой скоростью ветра.

В то же время актуальным остаётся применение гидрофобных покрытий для очистки солнечных панелей от снега и наледи. Такие покрытия создают на поверхности панелей гидрофобный слой, который предотвращает скопление воды и снега. Принцип работы этого метода заключается в том, что благодаря гидрофобным свойствам материалов вода и снег не могут адгезировать к поверхности панелей, а скользят по ней в виде капель или снежных слоев под воздействием гравитации или ветра [5]. Это делает панели менее подверженными образованию наледи и способствует естественному удалению снега и льда.

И самый классический, более актуальный для удаления пыли, сажи, копоти и других мелкодисперсных загрязнений, но также применяющийся для удаления снега и наледи на солнечной панели, это применение щёток, чистящих валиков, работающих на шарнирах, рельсах и прочих подвижных элементах автоматизировано под воздействием сигналов

импульсных датчиков, реагирующих на наличие какого-либо инородного покрытия на поверхности солнечной панели [6]. Существенным недостатком таких систем является низкая эффективность при низких температурах, а также для снега и наледи необходимы более жёсткие щётки, которые могут нанести ущерб панелям и снизить выработку энергии от солнечных лучей.

В заключении, разработка эффективных методов очистки солнечных панелей от снега и наледи является ключевым аспектом обеспечения непрерывной работы солнечных энергетических систем в зимние периоды. Разнообразие подходов, таких как тепловые элементы, вибрация, оптические датчики, аэродинамические принципы и гидрофобные покрытия, предлагают гибкие решения, учитывая различные климатические и эксплуатационные условия. Эти методы играют важную роль в оптимизации производства солнечной энергии, способствуя устойчивому развитию солнечной энергетики в будущем.

Источники

1. Ковшик В.В. Обзор устройств очистки фотоэлектрических солнечных модулей / В. В. Ковшик, В. И. Красовский // Электронная библиотека БГУ. – 2020. - № 2(3). – С. 376-379.

2. Ан А.Д. Способы очистки поверхности фотоэлектрических преобразователей / А.Д. Ан, Ж.Т. Уралов, А.Ю. Хван // *Universum: технические науки : электрон. научн. журн.* - 2023. - 12(117). – С. 21-24.

3. Захидов Р.А. Система для автоматической очистки поверхностей солнечных фотопанелей // *Наука и инновационное развитие.* – 2022. - № 3. – С. 16-23.

4. Исмагилов Ф.Р. Система очистки солнечных панелей // Ф. Р. Исмагилов, В. Е. Вавилов, Р. А. Нургалиева // *Вестник УГАТУ.* - 2017. - Т. 21, № 3 (77). - С. 60–65.

5. Бобыль, А.В. Техничко-экономические аспекты сетевой солнечной энергетики в России / А.В. Бобыль, С.В.Киселева, В.Д. Кочаков, Д.Л. Орехов, А.Б. Тарасенко, Е.Е. Терукова // *Журнал технической физики.* - 2021. - Т.84, №4. - С. 85-92.

6. Ferroni F. Energy Return on Energy Invested (ERoEI) for photovoltaic solar systems in regions of moderate insolation / F. Ferroni, R.J. Hopkirk // *ELSEVIER: Solar Energy.* – 2017. – №147. – pp. 399–405.

АНАЛИЗ КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СВЕТОМУЗЫКАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Востриков Денис Юрьевич¹, Сандаков Виталий Дмитриевич²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹denisesenina@yandex.ru, ²vitalysandakov@gmail.ru

В статье описаны ключевые компоненты любительского современного автоматизированного светомузыкального устройства.

Ключевые слова: MAX9814, Arduino, звук, светомузыка, ESP32.

ANALYSIS OF COMPONENTS FOR AUTOMATED LIGHT AND MUSIC DEVICES

¹ Vostrikov Denis Yu., ² Sandakov Vitaliy D.

^{1,2} KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹denisesenina@yandex.ru, ²vitalysandakov@gmail.ru

The article describes the key components of an amateur modern automated light and music device.

Keywords: MAX9814, Arduino, sound, lightmusic, ESP32.

Светомузыкальные устройства предоставляют пользователю уникальный набор функций и возможностей, однако они также имеют свои преимущества и недостатки.

Адресные светодиодные ленты позволяют индивидуально управлять цветом каждого светодиода в ленте, что создает широкие возможности для создания разнообразных световых эффектов. Они доступны в различных вариантах, с разным количеством светодиодов на метр (30/60/74/96/100/144 св/м), различной степенью влагозащиты (IP30/IP65/IP67) и используемыми чипами (WS2811/WS2812/WS2813/WS2815/WS2818). Также адресные светодиодные ленты гораздо более доступны: их легко установить в любом помещении, они имеют относительно небольшую стоимость, по сравнению с профессиональным освещением.

Когда рассматривается преобразование звука в сигнал [2], звуковые эффекты и управление сигналами, микрофоны MAX9814 и интерфейсы

ввода-вывода I2S предоставляют широкий спектр возможностей для получения и обработки звуковых данных [1]. Это позволяет пользователям точно настраивать реакцию устройства на аудиосигналы, создавая динамичные и креативные световые эффекты.

Контроллеры [4] ESP32 и [3] Arduino предоставляют мощные инструменты для управления любительскими светомузыкальными устройствами, включая регулировку яркости, выбор цветовых схем и создание пользовательских эффектов и сценариев. Это позволяет пользователям настраивать устройство в соответствии с их потребностями и предпочтениями, обеспечивая гибкость и адаптивность в использовании. Однако, для некоторых пользователей может потребоваться определенный уровень знаний и опыта в программировании на языке C++ [5] для эффективного использования этих контроллеров.

Таким образом, автоматизированное светомузыкальное устройство представляет собой сбалансированное сочетание различных компонентов и технологий, обеспечивающих широкий спектр функциональности и возможностей для пользователей.

Источники

1. Кузяков, О. Н. Проектирование систем на микропроцессорах и микроконтроллерах : учебное пособие / О. Н. Кузяков. — Тюмень : ТюмГНГУ, 2014. — 104 с. — ISBN 978-5-9961-0847-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/64535> (дата обращения: 06.02.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Григорьев, Е. К. Разработка систем анализа и обработки информации на базе Arduino : учебно-методическое пособие / Е. К. Григорьев, В. А. Ненашев, А. М. Сергеев. — Санкт-Петербург : ГУАП, 2022. — 63 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/263945> (дата обращения: 15.02.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Давыдов Д.И. Применение микроконтроллеров в светомузыкальных устройствах. — Новосибирск: Издательство Новосибирского государственного технического университета, 2013.

4. Кобзев, В.А. Программирование микроконтроллеров ESP32 в Arduino IDE / В.А. Кобзев. — СПб.: Питер, 2020. — 240 с.

5. Сидоров, Г.А. Программирование микроконтроллеров ESP32 на языке C++ / Г.А. Сидоров. — М.: БХВ-Петербург, 2019. — 224 с.

О ВЫБОРЕ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ СВЕТОДИОДНЫХ УСТРОЙСТВ

Галиев Рашид Рамильевич ¹, Иванова Вилия Равильевна ²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹rashid.galiev@list.ru, ²vr-10@mail.ru

В статье рассмотрены различные системы охлаждения светодиодных светильников различной мощности. Представлен сравнительный анализ особенностей, преимуществ и недостатков в контексте эффективности, стоимости и технологической сложности. Обсуждены системы пассивного, принудительного воздушного и жидкостного охлаждения, в том числе системы с использованием радиаторов с тыльным и лицевым размещением, а также рассмотрены транзитные радиаторы. Указаны основные критерии выбора материалов, от которых зависят теплоотводящие свойства систем охлаждения.

Ключевые слова: пассивное охлаждение, радиаторы, сквозные отверстия, аэродинамические параметры, теплопроводность материалов, экономические факторы

ABOUT THE CHOICE OF COOLING SYSTEM FOR LED DEVICES

Galiev Rashid R. ¹, Ivanova Viliya R. ²

^{1,2} KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹rashid.galiev@list.ru, ²vr-10@mail.ru

The article explores various cooling systems for LED luminaires of different power, analyzing their characteristics, advantages, and disadvantages in terms of efficiency, cost, and technological complexity. Passive cooling systems, forced air and liquid cooling systems are discussed, including the use of radiators, with their back and front placement, as well as transit radiators. The influence of material selection on the heat dissipation properties of cooling systems is also examined. A comparative analysis of different aspects of cooling efficiency of the discussed systems is conducted.

Keywords: passive cooling, radiators, through-holes, aerodynamic parameters, thermal conductivity of materials, economic factors

В современном мире проводятся исследования по разработке твердотельных источников света на основе мощных светодиодов (СИД) с высокой эффективностью, достигающей 100–120 Лм/Вт и более. Однако

значительная часть электроэнергии, подводимой к светодиодам, превращается в тепло (60–75%), что требует строгого контроля температуры для обеспечения эффективной работы и долговечности устройств. Увеличение светового потока обычно сопровождается ростом тепловыделения, что снижает эффективность излучения и сокращает срок службы светодиодов. Решением этой проблемы является разработка эффективных систем охлаждения, способных удалить избыточное тепло и поддерживать оптимальные условия работы светодиодов [1]. Существует три основных метода охлаждения светодиодов. Первый метод - охлаждение через корпус, спроектированный для эффективной передачи тепла в окружающую среду. Второй метод включает охлаждение через печатную плату, на которой располагаются светодиоды, что способствует более эффективному теплоотводу. Третий метод - использование радиаторов, приклеиваемых к плате или монтируемых отдельно. Большая часть охлаждающих систем разрабатывается с использованием радиаторов, так как это наиболее эффективный способ охлаждения для высокомоощных СИД. Материалы для радиаторов варьируются. Чаще всего для охлаждения светодиодов используется алюминий с теплопроводностью от 200 до 240 Вт/(м·К). Медь с теплопроводностью 400 Вт/(м·К) встречается реже из-за высокой стоимости и сложности обработки. Керамика с теплопроводностью 175–235 Вт/(м·К) также используется, особенно в недорогих моделях. Термопластик, хоть и имеет невысокую теплопроводность (от 5 до 40 Вт/(м·К)), встречается в лампах мощностью до 10 Вт из-за доступной цены и легкости [2].

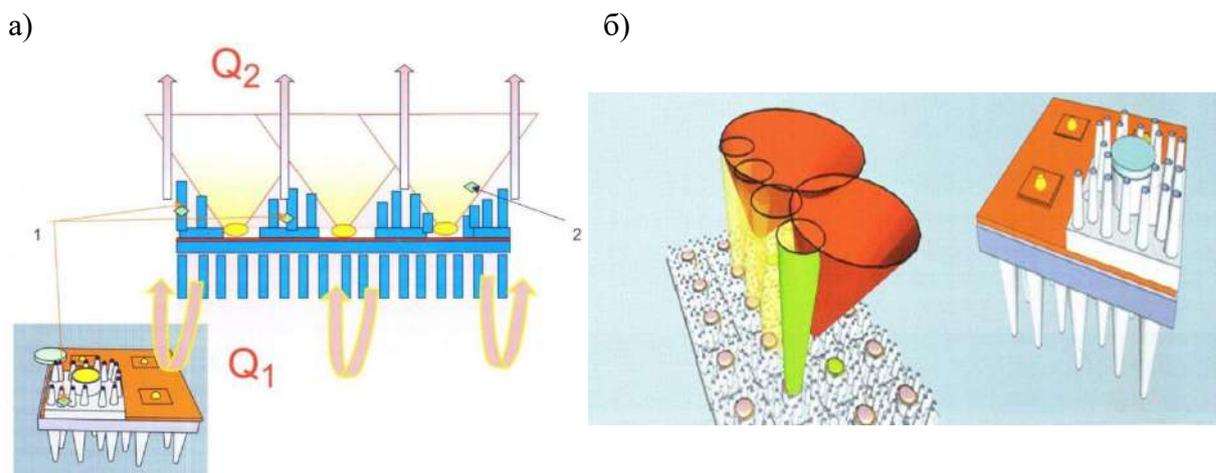
Перед тем, как перейти к системам с радиатором, для сравнения рассмотрим систему принудительного охлаждения воздушным потоком (ПВО). Она основана на использовании вентилятора, регулирующего свою скорость в зависимости от температуры светодиода. Для корректной работы необходимо размещение теплового датчика близко к светодиоду. При превышении установленной температуры светодиода, скорость вентилятора увеличивается, обеспечивая более интенсивное охлаждение. Однако такой подход подвержен загрязнению и износу вентилятора, что может вызвать сбои в системе охлаждения и повреждение светодиода, а также увеличивает стоимость продукта.

Перейдём к системам с радиаторами. При работе с высокой удельной мощностью свыше 100 Ватт, эффективность воздушного охлаждения значительно снижается, что делает целесообразным использование принудительного охлаждения жидкостным элементом (ПЖО).

Этот метод основан на передаче тепла от нагретого элемента к охлаждающей жидкости при их контакте, что обеспечивает более эффективное охлаждение по сравнению с воздушным. ПЖО обеспечивает циркуляцию охлаждающей жидкости, что позволяет эффективно отводить тепло и при этом создавать более компактные светодиодные устройства при высокой мощности. Структура системы ПЖО состоит из: циркуляционной помпы, теплообменника, радиатора, резервуара и гибких тепловых труб, соединяющих все элементы [3]. Однако её стоимость системы может быть значительно выше, чем при использовании ПВО, и надежность его применения требует дополнительного внимания.

В большинстве современных светодиодных устройств применяется компоновка, где светодиоды размещены на металлических печатных платах (МС РСВ), что позволяет распределить тепло по всей поверхности и увеличить площадь для дополнительных радиаторов. Однако, с увеличением мощности светодиодов этот подход становится недостаточным. В результате проведенного критического анализа обнаружены неиспользованные резервы в отводе тепла, такие как фронтальные и транзитные схемы, которые направлены на усиление отвода тепла с лицевой стороны печатных плат, на которых расположены светодиоды.

Термин "фронтальный теплоотвод" обозначает процесс отвода тепла с помощью специальных радиаторов, установленных на передней стороне МС РСВ (см. рисунок). Эти радиаторы, помимо своей основной функции, также могут служить держателями для вторичной оптики светового прибора. Вторичная оптика отвечает за фокусировку и рассеивание света, и использование разных линз для каждого светодиода позволяет создавать гибкий контроль светового излучения (см. рисунок) [4]. Это конструктивное решение снижает затраты на создание сложных форм световых излучений, что обычно требует дополнительных инвестиций в стандартных световых приборах.



Фронтальные (а) и лицевые (б) радиаторы

Для оптимизации теплообмена на тыльной стороне печатной платы устанавливают радиаторы специальной формы с отверстиями для свободного прохода горячего воздуха. Эти транзитные радиаторы, размещенные на МС РСВ, способствуют более эффективному теплообмену за счет сокращения расстояния до области смешения с холодным воздухом. Местоположение радиаторов зависит от конфигурации установленного на плате электронного устройства и избегает пересечения с печатными дорожками. Транзитные радиаторы могут иметь пары соосных элементов: нижнее сопло, забирающее нагретый воздух, и верхнюю часть в виде радиатора с отверстием посередине.

Эта конструкция создает явление вытягивания воздуха за счет высотного параметра, что способствует усилению потока воздушных масс [5]. Таким образом, структурное изменение высотного параметра радиатора до толщины охлаждающей платы МС РСВ приводит к образованию отверстий сквозь плату.

Стоит рассмотреть также пассивное охлаждение, широко применяемое в промышленных светильниках с высокой мощностью, основано на корпусах-охладителях из материалов с высокой теплопроводностью, таких как алюминий или медь. При этом алюминий, благодаря своему удельному весу и стоимости, предпочтителен, хотя медь обладает более высокой теплопроводностью. Отвод тепла осуществляется за счет самопроизвольного рассеивания воздуха, где важна площадь корпуса для эффективной конвекции. Методы изготовления включают экструзию, литье и штамповку.

Изменение угла размещения светового прибора относительно горизонтали влияет на обхват охладителя воздушными потоками, вызванное аэродинамическими параметрами. Вертикальное расположение приводит к полтора раза более интенсивному обтеканию воздушными потоками, чем горизонтальное. В стандартной конструкции светодиодного модуля, поток воздуха, несущий тепло из ближайших точек полупроводниковых приборов, проходит более длинный путь S_n по сравнению с путем S_1 , что снижает КПД теплового обмена с окружающей средой. Для увеличения эффективности теплорассеяния предлагается создание группы сквозных отверстий в светодиодном модуле для более короткого пути прохождения воздушных тепловых масс [6].

Таким образом, при разработке охлаждающих систем для светодиодных светильников необходимо учитывать эффективность отвода тепла, стоимость и технологическую сложность. Пассивные методы, такие как увеличение сквозных отверстий и горизонтальная ориентация платы, являются широко используемыми, требуя адаптации к аэродинамическим параметрам. Радиаторы, включая транзитные и размещенные на лицевой и тыльной сторонах, а также Принудительное жидкостное охлаждение через радиаторы предоставляют эффективное охлаждение для высокомоощных светодиодов, хотя могут быть затратными. Принудительное воздушное охлаждение, хотя менее эффективно, также широко применяется в легких и доступных конструкциях. Эти методы представляют собой компромисс между эффективностью, стоимостью и сложностью и должны учитываться при проектировании светодиодных светильников.

Источники

1. Рязанов А.Н. Моделирование тепловых процессов в радиаторах, используемых для охлаждения мощных светодиодов / А.Н. Рязанов, И.Ю. Бутусов, С.В. Кузубов, А.В. КОРТУНОВ // Энергетика ВГУИТ. – 2018. – № 3 (18). – С. 90-95.
2. Константинов В.И. Выбор оптимального режима работы светодиодных излучателей / В.И. Константинов, Е.В. Вставская, Т.А. Барбасова, В.О. Волков // Вестник ЮУрГУ. – 2017. - №2. - С. 46–51.
3. Делендик К.В. Системы охлаждения на основе тепловых труб / К.В. Делендик, О.И. Войтик, Н.А. Коляго // Наука и инновации. – 2017. - №11 (177). – С. 27-33.

4. Бабушкина Л.Г. Решение проблемы теплоотвода в светодиодной технике // Пермский национальный исследовательский политехнический университет. – 2021. – С. 271-274.

5. Young-Pil Kim, Young-Shin Kim, Seok-Cheol Ko, Thermal characteristics and fabrication of silicon sub-mount based LED package, Microelectronics Reliability, Volume 56, 2016, Pages 53–60.

6. K.C. Yung, H. Liem, H.S. Choy, Heat transfer analysis of a high-brightness LED array on PCB under different placement configurations, International Communications in Heat and Mass Transfer, Volume 53, April 2014, Pages 79– 86.

УДК 747

ПРИМЕНЕНИЕ БИОДИНАМИЧЕСКОГО ОСВЕЩЕНИЯ В ПУНКТАХ ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Кабиров Адель Альфредович

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Иванова Вилия Равильевна

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

kabir2021@mail.ru

В данной работе рассматривается эффективность применения биодинамического освещения в диспетчерских пунктах управления работой энергетических систем. Рассматривается специфика данного типа освещения, его влияние на работоспособность человека.

Ключевые слова: биодинамическое освещение, диспетчерский персонал, рабочее место, концентрация внимания.

THE USE OF BIODYNAMIC LIGHTING IN CONTROL ROOMS

Kabirov Adel A.

Scientific advisor Ivanova Vilia R.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

kabir2021@mail.ru

In this paper, the effectiveness of the use of biodynamic lighting in control rooms for the operation of energy systems is considered. The specifics of this type of lighting and its effect on human performance are considered.

Keywords: biodynamic lighting, dispatching staff, workplace, concentration of attention.

В последние десятилетия происходит масштабное переоборудование электроэнергетических систем, в частности усовершенствование систем автоматизированного управления технологическими процессами. Данная тенденция обусловила усложнение системы диспетчерского управления и переоборудование диспетчерских мест, изменение условий труда.

Рабочая смена у диспетчерского персонала может быть очень длительной и попадать на ночное время суток. Работа диспетчеров заключается в непрерывном наблюдении за параметрами электроэнергетической системы, которые отображаются на различных дисплеях, данный процесс требует сосредоточенности и концентрации внимания от человека на протяжении длительного времени, что однозначно приводит к зрительному переутомлению, которое может послужить причиной снижения внимательности, появлению стресса, что в свою очередь может вызвать некорректную, несвоевременную реакцию на какие-либо изменения в системе – ошибки в управлении энергосистемой. Факторами, вызывающими зрительное утомление, являются недостаточно качественное освещение, либо чрезмерное негативное излучение мониторов.

Одним из способов повышения качества условий труда в диспетчерском управлении является использование биодинамического освещения.

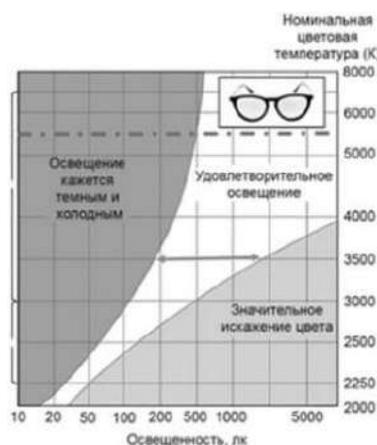
Биодинамическое освещение представляет собой систему искусственного освещения, главной особенностью которой является учет биоритмов человека, поддержка естественных биологических «часов» в помещениях с дефицитом естественного освещения. Рассматриваемый вариант освещения направлен на повышение комфорта на рабочем месте, поддержание здоровья, минимизацию зрительного утомления, повышения эффективности работы.

Анализ жизненной энергии человека показал, что реакцию организма вызывает изменение света, при этом влияние оказывает как количество, так и спектр излучения, помимо этого реакцию вызывает и время суток, смена времен года, погодные условия. Человеческий глаз имеет фоторецептор, содержащий светочувствительный пигмент, который реагирует на циркадные ритмы человека. В свою очередь, циркадные ритмы определяются фазами бодрствования и сна, периодом пиковой

работоспособности. Однако биологические «часы» человека неточны, что объясняет наличие механизмов «подстройки», которые корректируют их.

Установлено, что синий спектр оказывает благоприятное воздействие на активность человека. Днем данный спектр наиболее активен, что объясняет пик работоспособности в данный период суток.

Целью человеко-ориентированного освещения является имитация естественного хода светового дня, путем автоматического изменения яркости и температуры свечения. Также, использование рассматриваемой системы освещения, требует учета географического местоположения, так для своей корректной работы корректирует процесс освещения по движению солнца, и времени суток. На рисунке представлены оптимальные значения освещенности и цветовых температур, которые исследователи определили, как наиболее комфортные для человеческого глаза и способствующие поддержанию естественных ритмов организма [1,2].



Область наиболее комфортного соотношения цветовых температур и освещенности для глаз человека.

Подводя итог, можем сделать вывод, что рассмотренная биодинамическая система освещения оказывает положительное воздействие на циркадные ритмы человека путем регулировки в течение дня количества и спектра светового излучения, что говорит об актуальности ее использования для освещения рабочих мест оперативно-диспетчерского персонала электроэнергетических систем. Однако полностью заменить солнечный свет данная система освещения не может. Также стоит отметить, что при неправильном регулировании освещения (установление холодного, стимулирующего освещения на протяжении всего рабочего дня) оказывает пагубное воздействие на человека.

Источники

1. Освещение пунктов диспетчерского управления в энергетике / А. В. Кудряшов, А. С. Калинина, Ю. И. Аверьянов, И. М. Кирпичникова // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. – 2017. – Т. 17, № 2. – С. 34-40.

2. Ладыгина, А. А. биодинамическое освещение / А. А. Ладыгина // ДИСК-2021: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции, Москва, 22–26 ноября 2021 года. Том Часть 2. – Москва: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)", 2021. – С. 51-55.

УДК 621.31

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Колесников Никита Евгеньевич
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
Nikita.kolesnikov.02@mail.ru

В данной работе будут раскрыты функции и особенности искусственного интеллекта, каким образом он может повлиять на функционирование и дальнейшее развитие электроэнергетике.

Ключевые слова: электроэнергетика, искусственный интеллект, энергосистемы, машинное обучение, прогнозирование, производство.

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE ELECTRIC POWER INDUSTRY

Kolesnikov Nikita E.
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
Nikita.kolesnikov.02@mail.ru

This work will reveal the functions and features of artificial intelligence, how it can affect the functioning and further development of the electric power industry.

Keywords: electric power industry, artificial intelligence, energy systems, machine learning, forecasting, production.

Одной из самых инновационных и обсуждаемых технологий в настоящее время является искусственный интеллект. Данное направление вызывает большой интерес у многих специалистов, включая работников в области электроэнергетики.

Сам по себе искусственный интеллект представляет собой систему, которая способна достигать поставленных целей путем установки конкретных задач. Данная система обладает навыками, позволяющая ей находить решения в рамках заданных ограничений, не требуя создания отдельных методов для каждого случая. Одной из ключевых особенностей искусственного интеллекта является его способность принимать меньшее количество ошибочных решений в сравнении с человеком.

В число функций искусственного интеллекта, в том числе входит оптимизация работы служб возобновляемой энергетики. В качестве примера практического применения искусственного интеллекта можно привести использование беспилотных аппаратов. Данные аппараты эксплуатируются как средство улучшения профилактического обслуживания ветряных электростанций, солнечных электростанций и воздушных линий электропередач.

В целях большего раскрытия рассматриваемой темы необходимо привести еще несколько более точных примеров использования искусственного интеллекта в электроэнергетике.

Искусственный интеллект используется для прогнозирования потребления электроэнергии. В качестве факторов прогнозирования используются: погода, дни праздников и т.д. Данная технология помогает операторам энергосистем более точно планировать производство и распределение электроэнергии.

Также, искусственный интеллект применяется для оптимизации работы распределительных сетей, управления нагрузками, предотвращения аварий и обеспечения стабильности энергосистем. Система Искусственного интеллекта помогает оптимизировать потребление энергии в зданиях и производственных объектах, управляя системами отопления, кондиционирования воздуха, освещения и другими энергопотребляющими устройствами. Более того, искусственный интеллект используется для прогнозирования цен на электроэнергию, оптимизации торговых стратегий на рынке энергоресурсов и управления портфелем генерации и потребления электроэнергии.

В настоящее время существует ряд проектов, которые применяют искусственный интеллект для прогнозирования и диагностики

интенсивности движения, разработки электрооборудования и его компонентов, а также, для оценки и мониторинга работы электрических сетей. Оптимальным способом внедрения искусственного интеллекта являются системы распределения и передачи электроэнергии.

Также одним из наиболее перспективных направлений применения искусственного интеллекта в энергетике является управление электросетями. Благодаря алгоритмам машинного обучения, искусственный интеллект может анализировать данные о производстве и потреблении энергии, прогнозировать пиковые нагрузки и принимать оптимальные решения о распределении энергии в целях достижения максимальной эффективности. Кроме того, искусственный интеллект способен управлять работой энергосистемы в автоматическом режиме, решая проблемы утечек и повреждений, сокращая время простоя и снижая риск возникновения аварийных ситуаций. [1]

Не стоит забывать, что искусственный интеллект используется в области мониторинга оборудования. [3] Путем использования методов машинного обучения, данная технология способна анализировать данные о функционировании оборудования, выявлять возможные неисправности и предлагать профилактические меры. [2]

Одной из компаний, которая активно разрабатывает проекты с применением искусственного интеллекта в энергетике, является General Electric (GE). GE разрабатывает и внедряет технологии и решения на основе искусственного интеллекта для улучшения эффективности и надежности энергетических систем.

Например, GE разрабатывает системы управления сетями, которые используют алгоритмы машинного обучения для прогнозирования нагрузки, оптимизации работы оборудования и предотвращения аварийных ситуаций.

Кроме того, существует еще ряд аналогичных GE компаний, которые активно внедряют искусственный интеллект в свои проекты в области энергетики в целях повышения эффективности и надежности энергетических систем. Однако, применение искусственного интеллекта в энергетике сопряжено и с рядом рисков, таких как: потенциальные алгоритмические ошибки, угрозы кибербезопасности и проблемы с доступностью данных. Поэтому внедрение искусственного интеллекта в энергетике требует серьезного подхода и строгого управления со стороны специалистов.

В заключение, следует отметить, что использование искусственного интеллекта в электроэнергетике предоставляет значительные

возможности для улучшения надежности и эффективности энергосистем. Применение методов машинного обучения и анализа данных способствует оптимизации работы энергосистем, повышению качества производства энергии и сокращению расходов на обслуживание и ремонт оборудования. Однако, необходимо учитывать потенциальные риски и строго контролировать функционирование искусственного интеллекта в энергосистемах.

Источники

1. Гришко А. К. Выбор оптимальной стратегии управления надежностью и риском на этапах жизненного цикла сложной системы // Надежность и качество сложных систем. 2017. № 2(18). С. 26–31. doi:10.21685/2307-4205-2017-2-4.

2. Байдюк М. А., Комарова Г.В. Оценка технического состояния и надежности электрических машин // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. 2019. №3. С. 78–84.

3. Иванова В.Р., Новокрещенов В.В., Семенова О.Д. Анализ основных элементов интеллектуальной электроэнергетической системы с активно-адаптивной сетью // Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники: материалы Всероссийской научно-практической конференции, Казань, 20–21 марта 2019 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2019. – С. 12-16.

УДК 621.311.001.57

ВНЕДРЕНИЕ BIM МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОЕКТЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Мальцев Илья Сергеевич

Науч. рук. кандидат техн. наук, доцент Сидоров Александр Евгеньевич

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

ilyamlcv12@yandex.ru

В статье рассказывается о внедрении BIM моделирования в проект электроснабжения. Отмечены проблемы, которые могут быть решены с помощью данной методики.

Ключевые слова: цифровая модель, BIM моделирование, электроснабжение, проектирование.

IMPLEMENTATION OF BIM MODELING IN POWER SUPPLY PROJECTS

Maltsev Ilya S.

Scientific advisor Sidorov Alexander E.

^{1,2} KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

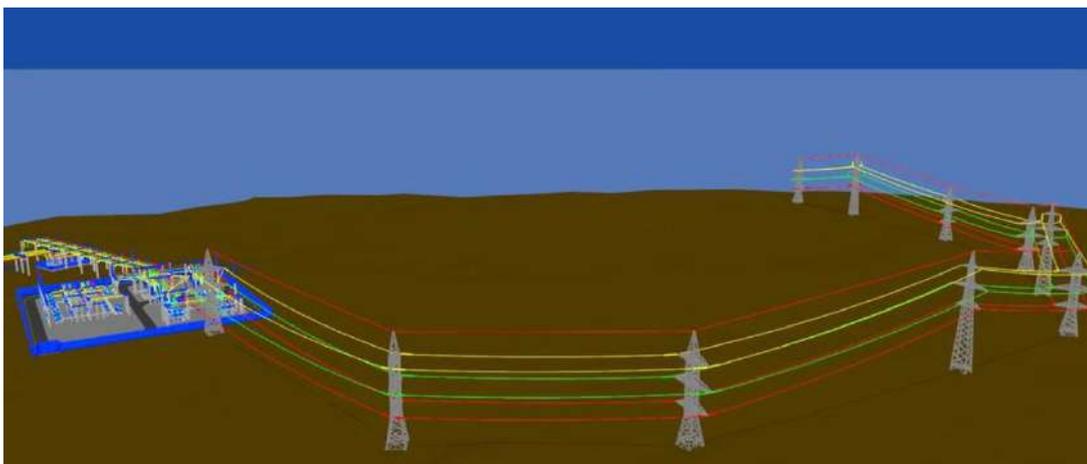
ilyamlcv12@yandex.ru

The article describes the implementation of BIM modeling in an electricity supply project. The problems that can be solved using this technique are noted.

Keywords: digital model, BIM modeling, power supply, design, construction.

Применение BIM моделирования в объектах капитального строительства увеличивается с каждым годом. В ближайшем будущем цифровые модели станут неотъемлемой частью проектов строительства по постановлению Правительства РФ №331 [1]. На данный момент, такие модели используются больше в строительстве зданий и сооружений. Объекты электроснабжения, зачастую, проектируются с помощью стандартных чертежей и графических частей.

Создание BIM модели в проектах электроснабжения позволит наглядно посмотреть результат проектирования. Это позволит выявлять проблемы на более ранних стадиях работы. Также, цифровая модель позволит учесть недостатки и расхождения в различных аспектах проектной документации между монтажной группой и проектировщиками. Такое нововведение позволит сократить время на создание проекта и количество натурных обследований объектов. Одна из проблем наружного электроснабжения – установка опор линии электропередачи в труднодоступных местах. Внедрение цифровой модели позволит учесть различные сдерживающие факторы, не выезжая на объект. Это означает, что применение BIM моделирования в области электроснабжения может повысить качество и скорость выполнения проекта. На рисунке представлена цифровая модель электроснабжения с помощью ЛЭП [2].



Цифровая модель опор линии электропередач

Для создания BIM модели электроснабжения с помощью опор ЛЭП потребуется геодезическая съемка с уровнями высот, коммуникациями, а также других усложняющих факторов. Разработка цифровой модели возможна в таких программах как: ArchiCAD, Autodesk Revit, Renga, Civil 3d [3]. Основой моделирования будет служить проектная документация, включающая в себя электротехнические и строительные решения, графическую часть, необходимые спецификации.

Источники

1. Российская федерация. Законы. Постановление Правительства Российской Федерации от 5 марта 2021г. №331 «Об установлении случая, при котором застройщиком, техническим заказчиком, лицом, обеспечивающим или осуществляющим подготовку обоснования инвестиций, и (или) лицом, ответственным за эксплуатацию объекта капитального строительства, обеспечиваются формирование и ведение информационной модели объекта капитального строительства».
2. Академия BIM / Model studio CS ЛЭП [Электронный ресурс]. <https://bimcad.ru/produkty/model-studio-cs-lep/> (дата обращения: 05.03.2024)
3. Рахматуллина Е. С. Цифровое BIM-моделирование как элемент современного строительства // Российское предпринимательство. 2017. №19. URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/bim-modelirovanie-kak-element-sovremennogo-stroitelstva> (дата обращения: 05.03.2024).

ПРЕИМУЩЕСТВА ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАБОЧИЙ ПРОЦЕСС СТРОИТЕЛЬНО-МОНТАЖНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Маникаева Виленна Радиковна

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Денисова Алина Ренатовна

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

vilena.gadelshina.00@mail.ru

В работе рассматривается необходимость применения цифровых технологий в деятельности строительной-монтажной организации и преимущества их внедрения в рабочий процесс.

Ключевые слова: цифровизация, строительная-монтажная организация, программные продукты, преимущества.

ADVANTAGES OF IMPLEMENTING DIGITAL TECHNOLOGIES INTO THE WORK PROCESS OF A CONSTRUCTION AND INSTALLATION ORGANIZATION

Manikaeva Vilena R.

Scientific advisor Denisova Alina R.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

vilena.gadelshina.00@mail.ru

The work examines the need to use digital technologies in the activities of a construction and installation organization and the advantages of their implementation in the work process.

Keywords: digitalization, construction and installation organization, software products, advantages.

Цифровизация в строительной-монтажных организациях - это процесс внедрения современных цифровых технологий и инструментов с целью повышения эффективности и производительности работы [1]. Она позволяет улучшить планирование, координацию и управление проектами, а также уменьшить время и затраты на выполнение работ.

Вот несколько примеров того, как цифровизация может быть применена в строительной-монтажных организациях:

1. Программные системы управления проектами (Project Management Systems): Эти системы позволяют управлять всеми этапами проекта - от планирования и оценки рисков до контроля над бюджетом и отчетности. Они облегчают взаимодействие между участниками проекта, автоматизируют процессы и повышают прозрачность работы. Примеры таких систем включают Microsoft Project, Primavera и Procore.

2. Системы Building Information Modeling (BIM): BIM представляет собой метод моделирования и управления информацией о зданиях и инфраструктуре. Она позволяет создавать виртуальные модели проектов, интегрировать данные от разных участников проекта, анализировать и оптимизировать проекты до начала физического строительства. BIM также способствует лучшей координации между различными специалистами и снижению рисков ошибок и несоответствий. Примеры платформ BIM включают Revit, ArchiCAD и Tekla Structures [2].

3. Использование мобильных приложений и порталов: Мобильные приложения и порталы позволяют строительным специалистам иметь доступ к необходимой информации и инструментам прямо на стройплощадке. Они позволяют вести записи о работах, обмениваться документами, отслеживать прогресс проектов, а также коммуницировать с другими участниками команды. Примеры таких приложений включают Procore Mobile, PlanGrid и Autodesk BIM 360.

4. Использование дронов и автоматической техники: Дроны и автоматическая техника могут быть использованы для мониторинга и замера объектов, а также для выполнения определенных задач на стройплощадке. Они позволяют ускорить процессы сбора данных, повысить точность измерений и улучшить безопасность работников. Примеры таких технологий включают дроны с фото- и видеокамерами, 3D-сканеры и автономные строительные машины.

Внедрение цифровых технологий в рабочий процесс строительно-монтажной организации имеет следующие преимущества [3]:

1. Повышение эффективности и точности работ: Цифровые технологии позволяют автоматизировать множество процессов, уменьшая ручной труд и возможность ошибок. Например, использование специализированных программ для проектирования и планирования помогает улучшить точность расчетов и сократить время на выполнение задач.

2. Улучшение коммуникации и сотрудничества: Цифровые инструменты позволяют упростить обмен информацией между различными участниками рабочего процесса. Онлайн-системы управления проектами, облачные хранилища и средства связи (например, электронная

почта или видеоконференции) помогают строить эффективные коммуникационные каналы и повышают уровень сотрудничества.

3. Улучшение безопасности и контроля качества: Цифровые технологии могут использоваться для создания систем контроля и мониторинга, позволяющих уменьшить риски и повысить уровень безопасности на строительных объектах. Также возможно использование специализированного программного обеспечения для контроля качества выполняемых работ, что помогает выявлять и исправлять дефекты на ранних стадиях.

4. Улучшение планирования и управления ресурсами: Цифровые инструменты позволяют более точно планировать и управлять ресурсами, такими как материалы, оборудование и рабочая сила. Они позволяют отслеживать запасы, распределять ресурсы оптимальным образом и предвидеть возможные проблемы или узкие места в процессе выполнения работ.

5. Снижение затрат и увеличение конкурентоспособности: Внедрение цифровых технологий может помочь сократить издержки и повысить эффективность работы, что приводит к увеличению конкурентоспособности организации. Более точное планирование, управление ресурсами и контроль качества могут помочь избежать излишних затрат и сократить время выполнения проектов [4].

Источники

1. Будникова О. С. Производственная стратегия в условиях инновационных возможностей и ограничений развития. Цифровые технологии // Молодой ученый. 2020. №2 (292). С. 235-237.

2. Денисова, А. Р. Вопросы надежности и эффективной эксплуатации электротехнических систем и способы ее повышения / А. Р. Денисова, Г. А. Аманова // Проблемы и перспективы разработки инновационных технологий : сборник статей Международной научно-практической конференции, Магнитогорск, 01 июня 2021 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Аэтерна", 2021. – С. 10-12.

3. Осиповская А. В. Цифровизация и ее влияние на экономику // Актуальные вопросы экономики и управления: материалы VII Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, апрель 2019 г.). СПб.: Свое издательство, 2019. С. 8-11.

4. Maximo Asset Management 7.6.1.1 [Электронный ресурс].

<https://www.ibm.com/docs/ru/mam/7.6.1.1?topic=management-work-centers> (дата обращения 27.02.2024).

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЗАЯВКАМИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СФЕРЕ

Маникаева Вилен Радиковна

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Денисова Алина Ренатовна

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

vilena.gadelshina.00@mail.ru

В статье рассматривается один из методов цифровизации предприятия-внедрение системы оперативного управления заявками и пункты на которых основан проект.

Ключевые слова: цифровизация, строительно-монтажная организация, система управления заявками, планирование.

REQUEST MANAGEMENT SYSTEM IN THE ELECTRIC POWER SECTOR

Manikaeva Vilena R.

Scientific advisor Denisova Alina R.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

vilena.gadelshina.00@mail.ru

The article discusses one of the methods of digitalization of an enterprise - the implementation of a system for operational management of applications and the points on which the project is based.

Keywords: digitalization, construction and installation organization, application management system, planning.

Система управления заявками в электроэнергетической сфере имеет значительное научное значение, поскольку способствует оптимизации процессов, цифровизации отрасли и развитию управленческой практики в сфере энергетики. Она позволяет автоматизировать прием, обработку и отслеживание заявок от потребителей, что сокращает временные затраты и повышает качество обслуживания.

В ходе исследования бизнес-процесса одной фирмы было выявлено, что отсутствие автоматизации в области планирования и обеспечения основной сферы деятельности (работы по заявкам на объектах

распределительных сетей и капитального строительства), является достаточно актуальной проблемой [1,2]. Планирование работ в ручном режиме затратно, некоторые таблицы и действия неоднократно дублируются на различные отделы. Минусы ручного подхода очевидны:

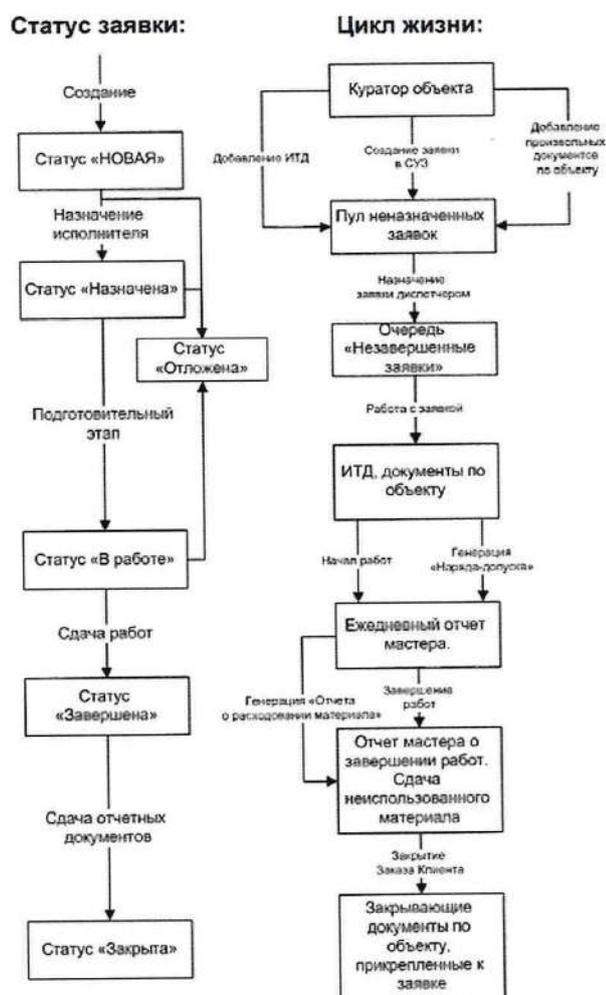
- децентрализация,
- необходимость в дополнительных документах,
- невозможность хранения резервных копий информации,
- затруднительное проведение анализа того или иного направления.

Проект управления автоматизации управления заявками построен на следующих ключевых пунктах:

- необходимость переместить важнейшие для хозяйственной деятельности фирмы данные из электронных таблиц на отдельных компьютерах в централизованную БД,
- использование мобильной платформы,
- сокращение ручных перегрузок данных и автоматизация создания отчетных документов. В области электроэнергетики системы управления заявками играют одну из ролей для действенного планирования и координации работы. Эти системы помогают автоматизировать процессы поступления, отслеживания, обработки и выполнения заявок на различные работы и услуги в энергетической отрасли [3].

На базе предприятия создан программный продукт ОСУЗ в системе 1С - программа оперативной работы мастеров строительно-монтажных бригад непосредственно с вышестоящими руководителями и сотрудниками других подразделений (см. рисунок). ОСУЗ включает в себя каждодневные отчеты бригад СМУ и ПНУ, заявки на транспорт и материалы.

Мастерам назначаются заказы клиента, на которые бригады создают отчеты. В отчетах отражаются операции, посчитанные сметным отделом для определенного объекта. Выбирая количество работ, выполненное в тот или иной день, мастер сразу же видит стоимость единицы и заработанный бригадой в этот день ФОТ.



Графическая схема жизненного цикла существования заявки

Одной из основных задач систем управления заявками в электроэнергетике является обеспечение оперативной и точной информации о заявках, их статусе и выполнении [4]. Это позволяет энергетическим организациям управлять рабочими процессами, планировать задачи и ресурсы, а также реагировать на нештатные ситуации.

Значимым фактором схем управления заявками в области электроэнергетики рассматривается способность автоматизированного планирования работ и потенциалов. Системы такого рода позволяют эффективно распределить задачи между исполнителями, оптимизировать использование оборудования и материалов, а также устанавливать приоритеты в выполнении заявок.

Благодаря системам управления заявками, энергетические компании могут эффективно контролировать выполнение работ и учитывать их

стадии и сроки. Системы предоставляют возможность отслеживать статус заявок в режиме реального времени и уведомлять заинтересованных сторон о прогрессе выполнения. Это позволяет оперативно реагировать на изменения и сокращать время реакции на нештатные ситуации [5].

Источники

1. Будникова О. С. Производственная стратегия в условиях инновационных возможностей и ограничений развития. Цифровые технологии // Молодой ученый. 2020. №2 (292). С. 235-237.

2. Денисова, А. Р. Энергоэффективное управление электротехническими системами / А. Р. Денисова, Г. Р. Абдуллина // Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники : материалы II Всероссийской научно-практической конференции : в 2 т., Казань, 18–19 марта 2020 года / Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. – С. 185-189.

3. Осиповская А. В. Цифровизация и ее влияние на экономику // Актуальные вопросы экономики и управления: материалы VII Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, апрель 2019 г.). СПб.: Свое издательство, 2019. С. 8-11.

4. Федеральный закон № 35-ФЗ «Об Электроэнергетике» [Электронный ресурс]. <https://fas.gov.ru/documents/576607?id=13783> _(дата обращения 25.02.2024).

5. Денисова, А. Р. Перспективы внедрения систем интеллектуального учета электроэнергии / А. Р. Денисова, А. Р. Фархутдинов // Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники : материалы II Всероссийской научно-практической конференции : в 2 т., Казань, 18–19 марта 2020 года / Казанский государственный энергетический университет. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. – С. 179-184.

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАЩИТЫ ДАЛЬНЕГО РЕЗЕРВИРОВАНИЯ В ЭЛЕКТРОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ ДО 1 КВ

Минанхузин Ильфир Илшатович ¹, Сидоров Александр Евгеньевич ²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹minankhuzin@yandex.ru, ²asidorini@rambler.ru

В данной статье исследованы и проанализированы методы оптимизации защиты дальнего резервирования (ДР) в электrorаспределительных сетях до 1 кВ. Рассмотрены различные подходы, включая традиционные и адаптивные алгоритмы, а также методы секционирования сетей. Проведен сравнительный анализ преимуществ и недостатков каждого метода. В результате исследования сделан вывод о повышении эффективности защиты ДР при использовании адаптивных алгоритмов и секционировании сетей. Разработка и внедрение указанных методов представляют собой важное направление в совершенствовании защитных механизмов электrorаспределительных сетей до 1 кВ.

Ключевые слова: электrorаспределительные сети, адаптивные алгоритмы, методы оптимизации, надежность, эффективность, чувствительность защиты

OPTIMIZATION OF REMOTE BACKUP PROTECTION IN ELECTRICAL DISTRIBUTION NETWORKS UP TO 1 KV

Minankhuzin I.I. ¹, Sidorov Alexander E. ²

^{1,2} KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹minankhuzin@yandex.ru, ²asidorini@rambler.ru

The article investigates and analyzes methods for optimizing remote backup protection (RBP) in electrical distribution networks up to 1 kV. Various approaches are considered, including traditional and adaptive algorithms, as well as network sectionalization methods. A comparative analysis of the advantages and disadvantages of each method is conducted. The study concludes that the efficiency of RBP is enhanced when using adaptive algorithms and network sectionalization. The development and implementation of these methods represent an important direction in improving the protective mechanisms of electrical distribution networks up to 1 kV.

Keywords: electrical distribution networks, adaptive algorithms, optimization methods, reliability, efficiency, protection sensitivity

Научное сообщество активно исследует вопросы, связанные с разработкой защитных и автоматических систем в электроэнергетических сетях. Многочисленные исследования посвящены улучшению чувствительности и селективности основных средств защиты и автоматики в электроэнергетических системах. Однако в сетях напряжением 0,4 кВ ближнее резервирование основных защит часто оказывается недостаточно эффективным из-за особенностей конструкции сетей и принципов работы низковольтного оборудования. Это в основном обусловлено техническими особенностями автоматических выключателей, в которых расцепители расположены в одном устройстве. Анализ статистики отказов указывает на то, что проблемы с надежностью часто связаны с повреждениями общих элементов выключателя или его расцепителей. Следовательно, обеспечение надежности системы защиты тесно связано с использованием дальнего резервирования (ДР) [1]. При возникновении короткого замыкания основная защита может оказаться недействительной, что ведет к повышенному нагреву элементов системы и потенциальным повреждениям кабельных линий. В таком случае обеспечение пожаробезопасности низковольтных кабельных линий прямо связан с реализацией ДР.

Анализируя проблему ДР в сетях 0,4 кВ, выделяются два ключевых аспекта для её решения. Во-первых, отсутствие единой методики расчёта параметров коротких замыканий и тепловых импульсов для сетей до 1 кВ ведёт к разногласиям в требованиях нормативно-технических документов, что затрудняет выбор и проверку электрооборудования. Стандартизация этих методик поможет снизить количество аварий и возгораний кабелей. Во-вторых, недостаточная чувствительность защиты ДР обусловлена многочисленными присоединениями на секции, которые имеют малые рабочие токи по сравнению с номинальным током вводного автоматического выключателя. Это создаёт сложности в обеспечении необходимого быстродействия защитных устройств и требует дальнейшего исследования для согласования с защитами ближнего резервирования и электродвигателями, входящими в состав нагрузки.

Опыт проектирования показывает, что существуют разные способы повышения чувствительности защиты в распределительных сетях напряжением 0,4 кВ. Один из подходов основан на изменении схемы сети, что может привести к улучшению надежности срабатывания защитных механизмов [2]. Кроме того, применение резервных, выносных или микропроцессорных защитных аппаратов с дополнительными характеристиками срабатывания также рассматривается как эффективный способ повышения чувствительности и селективности защиты.

Исследователи рассматривают оценку эффективности разделения распределительного щита напряжением 0,4 кВ с целью обеспечения безопасности отходящих кабельных линий и улучшения чувствительности и селективности их защиты в случае ДР. Предложенный метод включает разделение одной системы шин напряжением 0,4 кВ на 2-3 секции с установкой отдельного выключателя на каждую секцию без использования коммутационных устройств между секциями [3]. Оценивается потенциальный эффект этого решения, такой как уменьшение рабочих токов и токов группового самозапуска асинхронных электродвигателей каждой секции, что может привести к повышению чувствительности резервной защиты и равномерному распределению электропотребителей по секциям системы шин.

Исследования по защите системы ДР от междуфазных коротких замыканий (КЗ) предлагают два основных подхода: традиционные и адаптивные алгоритмы [4]. Традиционные методы основаны на контроле токов и модулей в начале линии, тогда как адаптивные алгоритмы учитывают состояние объекта как в аварийном, так и в нормальном режиме. В настоящее время, с распространением микропроцессорной техники, критерий сложности защиты становится менее существенным, и большую роль начинает играть информационное совершенство релейной защиты. Эффективность защиты достигается применением адаптивных методов, где параметры изменяются в зависимости от предшествующего режима работы, обеспечивая более точный контроль аварийных событий [5]. Примерами таких защит могут быть контроль приращений токов и сопротивлений. В данном контексте, предпочтительнее контролировать приращения сопротивлений, так как это обеспечивает более стабильные измерения контролируемого сигнала, снижая влияние токов нагрузки и других элементов системы. В качестве альтернативы защитным реле сопротивлений могут использоваться органы контроля токов, контролирующие приращения или их ортогональные составляющие. Это обусловлено тем, что их возможности распознавания аварийных режимов аналогичны, а погрешности измерения сопоставимы [6].

Таким образом, в статье были рассмотрены различные методы оптимизации защиты ДР в электrorаспределительных сетях до 1 кВ. Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки. Однако, сравнительный анализ позволяет сделать вывод о том, что независимо от выбранного метода, эффективность защиты ДР увеличивается. Применение адаптивных алгоритмов и секционирования сетей способствует повышению надежности и безопасности работы

электрораспределительных систем. Таким образом, разработка и внедрение указанных методов представляют собой важное направление в совершенствовании защитных механизмов, обеспечивая более эффективную работу электрораспределительных сетей до 1 кВ.

Источники

1. Иванов И.В. Актуальность проблемы ДР в сетях 0,4 кВ / И.В. Иванов, М.Г. Пирогов // Энергоборд. – 2019. - №3. – С. 17-23.

2. Попов М.Г. Дифференциальная защита межсистемных линий электропередачи с компенсацией зарядной мощности // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. - 2018. - Т. 24, № 1. - С. 17–26.

3. Лapidус А.А. Влияние расположения расчетной точки короткого замыкания на условия нагрева кабелей 0,4 кВ при реализации дальнего резервирования / Лapidус А.А., Соловьева С.Н. // Энергобезопасность и энергосбережение. - 2020. - № 5. - С. 8–13.

4. Ванин В.К. Повышение точности измерения первичных напряжений в энергосистемах / Ванин В.К., Ванин И.В., Попов М.Г. // Вестник Чувашского университета. 2019. № 3. С. 46–52.

5. Забоин В.Н. Идентификация параметров силового оборудования в адаптивных средствах защиты и автоматики / Забоин В.Н., Попов М.Г., Гуревич Э.И. // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2018. Т. 61, № 6. С. 68–76.

6. Лямец Ю.Я. Принцип информационного совершенства релейной защиты / Лямец Ю.Я., Ефимов Е.Б., Нудельман Г.С., Законьшек Я. // Электротехника. — 2017. — №2. — С. 30–34.

О ПРИНЦИПАХ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА

Мокрополов Владислав Дмитриевич

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Иванова Виля Равильевна

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

vladlen.shevchenko.1999@mail.ru

В материале предлагается описание методики по оптимизации процессов работы, основанная на концепции бережливого производства. Эта система помогает компаниям любого размера и отрасли рационализировать свою деятельность, сокращая издержки, улучшая качество продукции и повышая удовлетворенность клиентов.

Ключевые слова: заводской брак, искусственный интеллект, производство, методика, бережливое производство.

ABOUT THE PRINCIPLES OF LEAN PRODUCTION

Mokropolov Vladislav D.

Scientific advisor Ivanova Vilia R.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

vladlen.shevchenko.1999@mail.ru

The material offers a description of a methodology for optimizing work processes, based on the concept of lean manufacturing. The system helps companies of all sizes and industries streamline their operations by reducing costs, improving product quality and increasing customer satisfaction.

Keywords: factory defects, artificial intelligence, production, methodology, lean manufacturing.

В настоящее время бережливое производство является важной стратегией для многих компаний по всему миру. Последнее связано с различными источниками потерь, к которым относятся потери из-за перепроизводства, потери из-за ненужных перемещений, запасов, лишних этапов обработки, перегрузки работников, неравномерность выполнения операций и др. Основным принципом бережливого производства становится обеспечение непрерывного поддержания ценности продукта на всех этапах производства и достижение превосходного качества на выходе.

Через внедрение принципов *Lean Production* компании стремятся к оптимизации производственных процессов, снижению издержек, повышению качества и увеличению конкурентоспособности на рынке.

Внедрение системы «бережливого производства» на каждом конкретном предприятии будет иметь свои особенности, связанные со сложившейся структурой производственных отношений [1]. Наиболее распространенной проблемой является заводской брак (рис.1), так как он имеет негативные последствия в краткосрочные и долгосрочные перспективы. Несоответствие производственного продукта, непригодным для использования или удовлетворению требований потребителя может даже привести к летальному исходу.



Рис. 1. Заводской брак на производственном участке

Один из популярных способов борьбы с заводским браком, а так же доля инвестирования в производственные процессы занимает внедрение искусственного интеллекта.

Использование технологии искусственного интеллекта в производственных процессах может значительно улучшить эффективность, скорость и качество производства. Системы машинного обучения могут оптимизировать расписание производства, предсказывать сроки поставок сырья и материалов, а также управлять инвентаризацией. Роботизированные системы могут также использоваться для автоматизации монотонных и опасных рабочих операций.

Благодаря использованию 800 роботов, компания *Audi* увеличила производственную мощность до 2500 автомобилей в день (рис. 2). Что касается российских компаний, которые перешли на роботизированные системы с использованием технологии искусственного интеллекта, стоит указать компанию «Черкизово». Данная компания смогла заменить 700 рабочих на 160, что помогло снизить риски заводского брака, порчи продукции и увеличить количество сделанной продукции.



Рис. 2. Роботизированный комплекс компании *Audi*

Современное управление качеством исходит из того, что деятельность по управлению качеством не может быть эффективной, если она начинается с момента начала производства продукта [2]. Так же внедрение искусственного интеллекта на производственных площадках требует значительных инвестиций, обучения сотрудников и обновление систем управления. *Lean Production* помогает компаниям повысить производительность, качество продукции, снизить издержки и увеличить удовлетворительность клиентов.

Источники

1. В.В. Ефимов. Средства и методы управления качеством: учебное пособие для вузов / В.В. Ефимов. -Москва:Кнорус, 2009. -232с.
2. Левинсон У. Бережливое производство: синергетический подход к сокращению потерь / У. Левинсон, Р. Рерик; [пер. с англ. А. Л. Раскина; под науч. ред. В.В. Брагина]. М.: Стандарты и качество, 2007. 270 с

СЛОЖИВШАЯСЯ ПРОБЛЕМАТИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕПРЕРЫВНОГО ЦИКЛА

Николаев Антон Михайлович ¹, Фетисов Леонид Валерьевич ²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹NikolaevAnton1511@yandex.ru, ²leonidfetisov@mail.ru

Статья посвящена акцентированию проблем с качеством электрической энергии, которые возникают на современных промышленных предприятиях и определение путей их решения.

Ключевые слова: повышение качества электроэнергии, электроснабжение предприятий, несинусоидальность напряжения.

CURRENT ISSUES OF ELECTRIC POWER QUALITY INDICATORS IN LV DISTRIBUTION NETWORKS AT ENTERPRISES OF CONTINUOUS CYCLE

Nikolaev Anton M. ¹, Fetisov Leonid V. ²

^{1,2} KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹NikolaevAnton1511@yandex.ru, ²leonidfetisov@mail.ru

The article is devoted to emphasizing the problems with the quality of electric energy that arise at modern industrial enterprises and determining ways to solve them.

Keywords: improvement of electric power quality, power supply of enterprises, non-sinusoidality of voltage.

Стабильные показатели качества электрической энергии в производственных распределительных сетях низкого напряжения 0,4 кВ на сегодняшний день являются наиболее востребованными. Из стандартных показателей, определенных в ГОСТ 32144-2013, от генератора, транспортных электрических сетей, трансформаторов и второстепенных узлов до конечного потребителя, у последнего осуществляются технические корректировочные мероприятия по компенсации реактивной мощности, снижению размахов колебания действующего значения

напряжения, борьбе с несинусоидальностью и несимметричной нагрузкой [2].

Вышеперечисленные явления зачастую носят даже разрушительный характер, поскольку способствуют долговременному выходу из строя основного производственного электрооборудования. В текущих реалиях покупка запасного оборудования связана с высокими временными издержками на закупку и доставку, поэтому зачастую, если административно-технический персонал производства не позаботился о наличии запасных узлов на внутренних складах, то простои технологических линий могут привести в том числе и к длительным остановам, роспуске персонала, высокими показателям упущенной выгоды, а если это товары первой необходимости, то и снижение качества жизни населения.

Большое внимание уделяется стабилизации величины действующего напряжения в сети. По техническому регламенту отклонения от нормирующего значения составляют не более 5% от номинального уровня в течении длительного времени, и до 10% от номинального уровня в течении краткосрочного периода [1]. В качестве факторов, влияющих на отклонение напряжения, выделяют:

- недостаточная компенсация реактивной мощности, оказывающая влияние на действительное значение напряжения распределительной сети;
- линии электропередач с высокой степенью износа, старения, восстановленных повреждений, которые не обладают необходимыми техническими характеристиками и способствуют неравномерному распределению действующего напряжения;
- неоднородный характер нагрузки внешних распределительных сетей в зависимости от периодичности и загрузки соседних предприятий данной сети, времени суток, времени года;
- неоднородный характер нагрузки внутренних распределительных сетей, обусловленной особенностью технологического процесса;
- нерациональные изменения внутренних электрических схем и их параметров;
- аварийные ситуации различной этиологии на стороне генерирующих и транспортирующих компаний.

Несинусоидальность формы напряжения и тока непосредственно связано с техническим прогрессом, который ведет за собой широкое применение технологических устройств с нелинейной вольтамперной характеристикой, такими как: преобразователи частоты для управления электродвигателями, устройства плавного пуска, сварочные установки,

вентильные преобразователи, электронные балласты осветительных систем, силовые трансформаторы, магнитные усилители и так далее. В основном является следствием и особенностью работы полупроводниковых элементов и на текущий момент в рамках концепции высокоэффективного регулируемого электропривода их заменить нечем [4].

Аберрация кривой переменного тока и напряжения подразумевает под собой несоответствие формы синусоиды напряжения в системе электроснабжения требуемой эталонной, которые оказывают воздействие на электроустановки и электрическую сеть в целом. Совместно с этим, гармонические составляющие способны вызвать резонанс в электрооборудовании, что в случае появления на одной из высших гармоник напряжение или ток может быть существенно больше, чем у основной гармоники. Такое развитие события приводит к добавочному нагреву, при резонансе токов, или при резонансе напряжений к риску пробоя изоляции.

На электродвигателях возникновение высших гармоник ведет за собой негативное проявление, таких как локальные перегревы двигателя, возбуждение в статоре паразитной электродвижущей силы способной вызывать вибрацию, посредством пульсации вращающего момента на валу и дальнейшему механическому разрушению подшипников.

Если произвести обобщение, то несинусоидальная форма тока и напряжения в распределительных сетях способны вызывать следующие негативные последствия:

- форсированное старение изоляции элементов сети- электрических машин, компонентов, участвующих в транспортировке и распределении напряжения среди потребителей;
- колебание коэффициентов мощности электротехнических приемников;
- вызывать паразитные электромагнитные поля и моменты в асинхронных электродвигателях;
- побуждать нарушение корректной работы в электронных устройствах телемеханики, современной автоматики, контроллеров, сетевых устройств и других различных ЭВМ, задействованных в технологическом процессе;
- повышать погрешности в цифровых приборах учета энергоресурсов;

- вызывать дополнительные потери в силовых трансформаторах и конденсаторных установках с возможным последующим их критическим перегревом.

Несимметричные режимы работы сети подразумевают под собой неодинаковое пофазное напряжение. Данные режимы возникают при неравномерно распределенных нагрузках на разных фазах, неполнофазное функционирование элементов сети и неодинаковыми параметрами линий в разных фазах. В области производственных распределительных сетей проблемы с несимметричными нагрузками могут возникать в виду особенностями технологического оборудования, модернизацией технологического оборудования без анализа и корректировки электрических сетей, дополнительное использование высокоомощных однофазных электроприемников. Так же неполнофазная работа элементов сети может быть вызвана кратковременными отключениями одной или двух фаз при коротких замыканиях во внешних электрических сетях [3].

Несимметричные напряжения и токи в сети могут привести к дополнительным потерям мощности, уровня напряжения в сети на разных фазах. В асинхронных электродвигателях могут быть причиной возникновения дополнительных потерь в статоре, влекущей за собой снижение механического момента на валу.

На текущий момент времени существует множество технических средств, способных устранять вышеперечисленные проблемы, и они совершенствуются с каждым днем. Однако зачастую эти решения носят локальный характер и их эффективность необходимо повышать. Максимально эффективным решением вышеописанных проблем является комплексный подход, который начинается с определения конкретных параметров для анализа с последующим проведением аудита. Далее, после определения технического задания и получения результатов экспертизы необходим анализ современных технических решений и опыт успешного введения в эксплуатацию. Финишным элементом является создание модели и алгоритма для конкретного производственного предприятия с балансом финансовых затрат и технической эффективности.

Источники

1. ГОСТ 32144— 2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

2. Фролов, Ю. М. Электроснабжение промышленных предприятий: учебное пособие для вузов / Ю. М. Фролов. - Москва: Издательство Юрайт, 2022.- 351 с.- (Высшее образование).

3. Фетисов Л.В. Способы борьбы с высшими гармониками и фазовыми сдвигами на промышленных предприятиях / Фетисов Л.В., Маврин Д.Г., Купоросов А.В. // «Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники», Казань, 17–18 марта 2021, С. 109-114.

4. Денисова А.Р. Исследование влияния качества электрической энергии на функционирование станков с ЧПУ / Денисова А.Р., Аманова Г.А., Мухаметшина Е.С. // XVI Всероссийская открытая молодежная научно-практическая конференция «Диспетчеризация и управление в электроэнергетике» Казань, 2022. – С. 28-31. Издательство: общество с ограниченной ответственностью "Издательско-полиграфическая компания "Бриг" (Казань).

УДК 621.355

ВИДЫ ИНВЕРТОРОВ, ИХ ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ

Павлов Даниил Владимирович¹, Сидоров Александр Евгеньевич²
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
¹lgfdkjd@mail.ru, ²asidorini@mail.ru

В статье рассмотрены основные виды инверторов. Приведено их строение, основные достоинства и недостатки.

Ключевые слова: энергетика, аккумулятор, АКБ, питание, заряд, электромобили, инверторы, преобразование.

TYPES OF INVERTERS, THEIR ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

Pavlov Daniil V. ¹, Sidorov Alexander E. ²
^{1,2} KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
¹lgfdkjd@mail.ru, ²asidorini@mail.ru

The article discusses the main types of inverters. Their structure, main advantages and disadvantages are given.

Keywords: energy, battery, battery, power, charge, electric vehicles, inverters, conversion.

В настоящее время тема электромобилей становится все более актуальной и обсуждаемой. С каждым улучшением повышаются их технические характеристики. В то же время, наряду с улучшениями появляются новые вопросы и проблемы.

Одним из важных компонентов электромобиля является инвертор. От типа инвертора зависят технические характеристики электрокара такие, как скорость вращения двигателя и напряжение. В электромобилях используются такие виды инверторов, как DC/DC, AC/DC, DC/AC, гибридные и бесщеточные инверторы. Рассмотрим детальнее каждый из видов:

DC/DC (Direct Current to Direct Current) преобразователи. Такого типа устройства преобразуют напряжение аккумулятора из одного уровня в другой. DC/DC инверторы имеют высокую эффективность и могут работать в разном диапазоне напряжений, а также токов. Они состоят из таких компонентов, как транзисторы и диоды. Благодаря этим элементам они имеют возможность управлять током [1]. В момент времени когда транзистор открыт - ток проходит через него. Диоды используются для того, чтобы предотвратить прохождение обратного тока, когда транзистор закрывается. Изменение напряжения происходит путем изменения длительности импульсов, подаваемых на транзисторы. Если длительность импульсов увеличивается, то напряжение на выходе увеличивается. Это позволяет контролировать выходное напряжение и обеспечивать стабильное питание электродвигателя и других систем электромобиля.

AC/DC (Alternating Current to Direct Current) инверторы преобразуют переменное напряжение из электросети в постоянное напряжение аккумулятора. Данный тип инверторов обычно имеет высокий КПД и может работать с различным значением частоты и напряжения. Принцип работы такого инвертора заключается в использовании такого элемента, как выпрямитель [2]. Выпрямитель состоит из четырех диодов, которые пропускают ток только в одном направлении. Когда входное напряжение изменяется, диоды переключаются таким образом, чтобы ток всегда протекал в одном направлении. После того, как ток выпрямился, транзисторы используются регулирования напряжения и тока на выходе инвертора. Транзисторы открываются и закрываются в соответствии с входным напряжением - это позволяет контролировать скорость вращения электродвигателя и обеспечить более правильное и эффективное

распределения и использования энергии аккумуляторной батареи электромобиля.

Инверторы типа DC/AC (Direct Current to Alternating Current) – этот тип инверторов является противоположностью типа AC/DC. Эти устройства преобразуют постоянное напряжение АКБ в переменное. Такие инверторы нужны для работы различных электрических устройств в электроавтомобиле, которые работают на переменном токе (например кондиционер, радио) [3]. Данный тип инверторов также служит для управления электродвигателем, изменяя частоту и амплитуду выходного напряжения. Его принцип работы аналогичен предыдущему типу преобразователя. Для изменения частоты и амплитуды выходного напряжения инвертор использует широтно-импульсную модуляцию (ШИМ) [4]. ШИМ позволяет управлять длительностью импульсов, которые подаются на транзисторы – это, в свою очередь, позволяет изменять частоту и амплитуду выходного напряжения, а это напрямую влияет на скорость вращения электродвигателя.

Гибридные инверторы включают в себя функции DC/DC, AC/DC и DC/AC инверторов. Они используются для зарядки аккумуляторной батареи от электросети, и служат для питания электродвигателей. Гибридный инвертор работает путем преобразования входного напряжения в нужное выходное напряжение для электродвигателя или электроприборов. Гибридные инверторы обладают высокой эффективностью и надежностью [5]. Данный тип, в основном, используются в гибридных электромобилях.

Бесщеточные инверторы не имеют механических компонентов, что делает их более надежными и долговечными. Они также обладают высокой эффективностью [6]. Он использует ШИМ для управления выходным напряжением и током, как и DC/AC инвертор, что позволяет эффективно управлять электродвигателем и другими электроприборами автомобиля. Их основной недостаток - это стоимость, которая более высокая, чем у остальных типов, из-за сложности их изготовления.

От того, какой инвертор установлен в электромобиле, зависят многие параметры, которые влияют на другие компоненты электромобиля такие, как АКБ, электродвигатель.

Источники

1. Белоус, А. И. Полупроводниковая силовая электроника / Белоус А. И., Ефименко С. А., Турцевич А. С. — Москва : Техносфера, 2013.

2. Воронин, П. А. Силовые полупроводниковые ключи: семейства, характеристики, применение / Воронин П. А. — Москва : ДМК Пресс, 2015.

3. Ладенко, Н. В. Выпрямительные устройства в силовой электронике : учебное пособие / Н. В. Ладенко. — Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019.

4. Скундин А.М. Современное состояние и перспективы развития исследований литиевых аккумуляторов / А.М. Скундин, О.Н. Ефимов, О.В. Ярмоленко // Успехи химии. - 2012. - Т. 71. - №4. - С. 378-398.

5. Автомобили: Эксплуатационные свойства: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / Владимир Константинович Вахламов. — М.: Издательский центр «Академия», 2005. — 240 с.

6. Петушков, М. Ю. Проактивная диагностика для повышения ресурсоэффективности эксплуатации асинхронных электроприводов : монография / М. Ю. Петушков. — Москва : Инфра-М, 2020.

УДК 621-313.3

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ УДАЛЕННЫХ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СТАНЦИЙ

Родионов Олег Валерьевич

Науч. рук. к.т.н., доцент Денисова Алина Ренатовна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
o_rodionov1990@mail.ru

В данной статье рассматриваются проблемы и перспективные решения в области электроснабжения газораспределительных станций в удаленных районах. Рассмотрены основные проблемы, связанные с нестабильностью электроснабжения в удаленных районах, и предложены инновационные подходы к их решению.

Ключевые слова: электроснабжение, газораспределительная станция, детандер-генераторная установка, удаленный объект.

OPTIMIZATION OF POWER SUPPLY FOR REMOTE GAS DISTRIBUTION STATIONS

Rodionov Oleg V.

Scientific advisor Denisova Alina R.
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
o_rodionov1990@mail.ru

This article discusses problems and promising solutions in the field of power supply to gas distribution stations in remote areas. The main problems associated with the instability of power supply in remote areas are considered and innovative approaches to their solution are proposed.

Keywords: power supply, gas distribution station, expander-generator unit, remote facility.

В современном мире электроснабжение является важным аспектом для непрерывной работы газораспределительных станций [1]. Объекты Единой системы газоснабжения играют важнейшую роль в поддержании жизненно важной инфраструктуры, обеспечивая поставки природного газа в жилые дома, социальные учреждения и промпредприятия. Однако отдаленное местоположение таких объектов создает проблемы с надежностью электроснабжения.

Одним из основных вызовов, с которыми сталкиваются удаленные газораспределительные станции, является отсутствие стабильного электроснабжения. В таких местах возможны перебои в электроснабжении из-за различных причин, таких как погодные условия, технические сбои, аварии и инциденты [2]. Это может привести к снижению производительности, остановке производства и даже к утечке газа.

Один из наиболее многообещающих способов решения проблемы электроснабжения для удаленных ГРС - использование детандер-генераторной установки. Эта инновационная технология основана на принципе использования потока газа, проходящего через станцию, для генерации электроэнергии.

Работа детандер-генераторной установки основана на следующем: поток природного газа, поступающий в ГРС для распределения, используется для приведения во вращение турбины, которая связана с электрогенератором. Газ, проходя через турбину, раскручивает лопасти, вращение которых переводится генератором в электроэнергию. [3]. Этот технологический процесс обеспечивает станцию собственной электроэнергией, что делает ее более независимой от внешних источников питания. Одно из главных преимуществ этой технологии является способность станции производить электроэнергию автономно, используя доступный поток газа. Это снижает зависимость от внешних источников энергии и уменьшает риск перебоев в подаче электроэнергии. Кроме того, использование газа в качестве основного топлива для производства электроэнергии снижает производственные затраты на покупку других видов топлива. Это делает детандер-генераторную установку

экономически выгодным решением для удаленных газораспределительных станций. Поскольку выработка электроэнергии происходит за счет природного газа, который является более чистым видом топлива по сравнению с углеводородами, такими как уголь или нефть, детандер-генераторные установки обладают наиболее низким уровнем выбросов в атмосферу, снижая экологический след. Детандер-генераторные установки просты и устойчивы к повреждениям, что обеспечивает стабильную и надежную работу газораспределительной станции в течение длительного периода времени.

Еще одним важным аспектом оптимизации электроснабжения для удаленных газораспределительных станций является внедрение интеллектуальных систем управления. Эти системы могут контролировать энергопотребление объекта, оптимизировать распределение энергии и автоматически переключать между различными источниками энергии в зависимости от обстоятельств, что повысит энергоэффективность и снизит затраты на энергоснабжение [4].

Хранилища энергии, такие как аккумуляторные батареи, играют важную роль в обеспечении бесперебойной подачи электроснабжения на удаленные объекты газораспределительных станций. Они могут накапливать энергию в периоды низкого потребления и использовать ее в периоды пиковой нагрузки или, когда другие источники электроэнергии недоступны. Разработка более эффективных и экономичных аккумуляторных батарей энергии является важным шагом в обеспечении устойчивого электроснабжения для удаленных газораспределительных станций.

Оптимизация электроснабжения для удаленных газораспределительных станций является сложной задачей, требующей комплексного подхода и внедрения новых технологий. [5]. Развитие инновационных технологий, интеллектуальных систем управления и аккумуляторов энергии может помочь повысить надежность и эффективность работы газораспределительных станций и обеспечить более стабильное электроснабжение в удаленных районах.

Источники

1. Газораспределительные станции и системы: Учебник/Под ред. Б.В. Ларионова, В. Н. Писарева. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. – 432 с.

2. Энергоснабжение: Учебник для вузов / Под ред. Б. В. Гапановича, И. П. Полетаева. – М.: Издательский центр «Академия», 2015. – 448 с.

3. Зацепин С.С., Купцов С.М. Применение турбодетандерных установок на газораспределительных станциях // Территория «НЕФТЕГАЗ». 2016. № 12. С. 50–53.

4. Электрооборудование газораспределительных станций / Под ред. А. И. Попова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. – 312 с.

5. Денисова, А. Р. Энергосбережение в промышленных и коммунальных предприятиях: учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности 140610 - "Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений": учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 140610-"Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений" направления подготовки 140600-"Электротехника, электромеханика и электротехнологии" / А. Р. Денисова, Н. В. Роженцова ; А. Р. Денисова, Н. В. Роженцова ; М-во образования и науки Российской Федерации, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Казанский гос. энергетический ун-т". – Казань : Казанский гос. энергетический ун-т, 2010. – 247 с. – ISBN 978-5-89873-255-4. – EDN QUNFHT.

УДК 620.1.08 / 621.315

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ ОБСЛЕДОВАНИЯ ЛЭП И ОПОР ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ

Семина Дмитрий Игоревич

Науч. рук. к.т.н., зав.каф. Гибадуллин Рамил Рифатович

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

sd_sci@mail.ru

Надежность и бесперебойность – два основных требования к электроснабжению потребителей. Одним из основных способов электроснабжения является передача электроэнергии с помощью ЛЭП, которые характеризуются сложностью входящих в их состав элементов, большой протяженностью и жесткими условиями эксплуатации. Соответственно, остро стоит вопрос мониторинга технического состояния ЛЭП и опор с целью своевременного обнаружения и устранения их дефектов. В данной статье представлена актуальность применения беспилотных и робототехнических платформ для обследования ЛЭП и опор под напряжением.

Ключевые слова: ВЛ, ЛЭП, мониторинг ВЛЭП, робототехнические платформы, беспилотные платформы

APPLICATION OF UNMANNED AND ROBOTIC PLATFORMS FOR INSPECTION OF POWER LINES AND POWER LINES SUPPORTS

Semin Dmitry I.

Scientific advisor Gibadullin Ramil R.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

sd_sci@mail.ru

Reliability and continuity are the two main requirements for power supply. One of the main methods of power supply is the transmission of electricity using power lines, which are characterized by the complexity of their constituent elements, long length and harsh operating conditions. Accordingly, there is an urgent issue of monitoring the technical condition of power lines and supports in order to timely detect and eliminate their defects. This article presents the relevance of the use of unmanned and robotic platforms for the inspection of power lines and live poles.

Keywords: power lines, monitoring of power lines, robotic platforms, unmanned platforms.

Согласно данным АО «Системного оператора Единой энергетической системы», одна лишь только ОЭС Средней Волги насчитывает 1135 ЛЭП 110-500 кВ, суммарная протяженность которых составляет 37,6 тыс. км [1]. Кроме того, необходимо учитывать и протяженность ЛЭП меньшего напряжения. Поскольку ВЛЭП являются одним из основных способов передачи электроэнергии, к их работе предъявляются повышенные требования. Известно, что выход из строя ЛЭП вследствие аварийных ситуаций может привести к недоотпуску электроэнергии, а значит, и влечет за собой такие последствия как, например, экономический ущерб.

Снизить вероятность аварийных ситуаций позволяет мониторинг технического состояния ЛЭП и опор и своевременное устранение выявленных дефектов, однако нельзя недооценивать сложность этих мероприятий. К высокой протяженности ЛЭП прибавляется и большой список неисправностей, наличие которых необходимо выявить при мониторинге ЛЭП и опор. Некоторые из этих неизменных со временем неисправностей в качестве примера приведены в таблице [2].

Примеры возможных неисправностей ЛЭП и опор

Основные узлы ЛЭП	Неисправности
Трассы ВЛ	Наличие в охранной зоне ВЛ растительности, угрожающей падением на провода ВЛ или разрастанием в сторону ВЛ, горючих материалов, наличие под проводами растительности высотой 4 и более метров, осуществление вблизи охранных зон действий, нарушающих работу ВЛ (например, строительные мероприятия) и др.
Опоры и фундамент	Деформация элементов опор, дефекты сварных швов, креплений, заглубление фундаментов и стоек опор и др.
Провода	Набросы, коррозия, повреждения у зажимов, отсутствие креплений, изменение провеса, отсутствие гасителей и др.
Арматура	Повреждения изоляторов, загрязненность, коррозия и др.

Исходя из вышеперечисленных сложностей мониторинга ЛЭП и опор очевидно, что визуальный осмотр, выполняемый персоналом энергокомпаний не дает необходимой эффективности.

Решением данной проблемы может быть усовершенствование методик и средств контроля и обслуживания ЛЭП и опор.

Известно, что на данный момент было проведено множество теоретических и экспериментальных исследований с целью разработки автономных робототехнических платформ для перемещения по ЛЭП с целью инспекционных и/или ремонтных работ [3]. Кроме того, существуют уже готовые прототипы таких платформ, в том числе и в Российской Федерации [4,5]. Однако, данное направление является развивающимся, а существующие решения оставляют большое поле для усовершенствования методик и средств контроля ЛЭП и опор.

Таким образом, применение беспилотных диагностических платформ, а также задача их совершенствования является актуальной.

Источники

1. Системный оператор единой энергетической системы [Электронный ресурс]. <https://www.so-ups.ru/functioning/ees/oes-volga/> (дата обращения: 12.02.2024).
2. РД 34.20.504-94 Типовая инструкция по эксплуатации воздушных линий электропередачи напряжением 35-800 кВ [Электронный ресурс]. <https://files.stroyinf.ru/Data1/39/39443/index.htm> (дата обращения: 12.02.2024).
3. Rogério G., Joao C. // Review and Latest Trends in Mobile Robots Used on Power Transmission Lines [Электронный ресурс]. https://www.researchgate.net/publication/289687691_Review_and_Latest_Trends_in_Mobile_Robots_Used_on_Power_Transmission_Lines. 2013 (дата обращения: 13.02.2024)
4. Nicolas P., Pierre-Luc R., S. Montambault // LineScout Technology Opens the Way to Robotic Inspection and Maintenance of High-Voltage Power Lines [Электронный ресурс]. https://www.researchgate.net/publication/273771174_LineScout_Technology_Opens_the_Way_to_Robotic_Inspection_and_Maintenance_of_High-Voltage_Power_Lines. 2015. (Дата обращения: 16.02.2024).
5. CableWalker. Канатоход. [Электронный ресурс]. <https://cablewalker.com/> (Дата обращения: 17.02.2024).

УДК 628.94

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СВЕТОДИОДНЫХ ЛАМП, РЕАЛИЗУЕМЫХ В ТОРГОВОЙ СЕТИ

Хакимова Сабина Бахтиёровна

Науч. рук. д-р биол. наук, проф. Тукшаитов Рафаил Хасьянович

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

sbh5@mail.ru

В работе осуществлена сравнительная оценка основных показателей современных светодиодных ламп по сравнению с таковыми, выпускаемых 3-5 лет тому назад. Даны рекомендации на этапе их приобретения.

Ключевые слова: светодиодная лампа, коэффициент технико-экономической эффективности, светоотдача, критериальное значение.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE TECHNICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF LED LAMPS SOLD IN THE RETAIL NETWORK

Khakimova Sabina B.

Scientific advisor Tukshaitov Rafail Kh.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

sbh5@mail.ru

The paper provides a comparative assessment of the main indicators of modern LED lamps in comparison with those produced 3-5 years ago. Recommendations are given at the stage of their acquisition.

Keywords: LED lamp, coefficient of technical and economic efficiency, luminous efficiency, criterion value.

Со временем производители светодиодных ламп вносят отдельные изменения в их характеристики. Одни показатели улучшаются, другие наоборот несколько ухудшаются с целью снижения цены изделия. С годами его значение постоянно повышается [1-3].

В связи с этим в работе поставлена задача получить уточненные критериальные значения коэффициента технико-экономической эффективности ($K_{ТЭЭ}$) СДЛ самых разных моделей.

Исследование проводилось путем анализа характеристик светодиодных ламп (СДЛ), реализуемых в центральных торговых домах города Казани. Методику определения показателя $K_{ТЭЭ}$ впервые было предложено осуществлять по величине коэффициента технико-экономической эффективности [1, 2], определяемого как отношение светоотдачи $K_{ТЭЭ}$ к удельной цене люмена (руб./лм).

В выборке использовано достаточное количество СДЛ для достоверной характеристики их показателей (30 шт.). При проведении сравнительного анализа характеристик СДЛ руководствовались методиками [4, 5] и данными, представленными в [6, 7].

Результаты исследования приведены в таблице. Для удобства анализа все лампы дифференцированы на четыре группы и представлены в порядке убывания их коэффициентов $K_{ТЭЭ}$: более 2000 у.е., 1501-2000 у.е., 1001-1500 у.е., менее 1000 у.е.

По результатам ранних исследований показатель $K_{ТЭЭ}$ не превышал 300-400 у.е., а в настоящее время его значение достигает 2500 у.е. Это достигается за счёт снижения цены многих ламп в 2-3 раза.

Самый высокий коэффициент технико-экономической эффективности ламп был выявлен у производителей: Ergolux, Rexant, Saffit, IN HOME. У Ergolux также есть лампы с показателем $K_{ТЭЭ}$ в диапазонах 1501-2000 у.е. и 1001-1500у.е. Самые низкие показатели у производителей Camelion и ЭРА.

На упаковках большинства СДЛ указан срок службы равный 30000 ч., в нескольких лампах – 25000 ч. и только у одной - 15000 ч.

Испытания ряда светодиодных ламп показали, что реальный ресурс их существенно меньше и не превышает в реальных условиях 5000-10000 часов. Под ресурсом следует понимать снижение светового потока на 30% при многосуточных их испытаниях.

Угол излучения ламп колеблется в пределах 220°-270° и только у одной из них (RSV 100343) угол равен всего 120°. Применение данной лампы обеспечивает освещенность при местной подсветке и освещении ограниченных пространств.

Основные характеристики светодиодных ламп

№	Наименование	Мощность, Вт	Диапазон рабочих температур, °С	Светоотдача лм/Вт	Цена, руб.	Удельная цена руб./лм	$K_{ТЭЭ}$, усл. ед.
СДЛ с показателем технико-экономической эффективности выше 2000у.е.							
1	Ergolux 14784	15	-20 до +50	97	56	0,038	2552
2	REXANT 604-202	25	-10 до +50	95	98	0,040	2375
3	SAFFIT SBA6020 55014	20	-40 до +50	100	89	0,044	2261
4	IN HOME LED 4690612020310	20	-40 до +50	95	89	0,046	2065
СДЛ с показателем технико-экономической эффективности 1501-2000у.е.							
5	ASD 4690612014265	24	-35 до +50	90	98	0,045	2000
6	ЛОН Ergolux 14458	11	-30 до +40	95	52	0,049	1938
7	СТАРТ LEDGLSE27 16W30	16	-25 до +50	80	58	0,045	1777
8	Космос E2730	20	-20 до +40	90	97	0,054	1666
9	RSV 100343	20	-35 до +50	80	80	0,050	1600
СДЛ с показателем технико-экономической эффективности 1001-1500у.е.							
10	ЭРА LED B0048010	25	-30 до +40	80	108	0,054	1481
11	Jazzway PLED-SP 5018051A	25	-20 до +40	84	125	0,060	1400

12	ТOKOV ELECTRIC	16	-30 до +50	88	90	0,064	1367
13	Supermax E27	10	-20 до +50	80	51	0,064	1250
14	TDM SQ0340-0373	10	-30 до +40	95	75	0,079	1203
15	Ergolux 13179	17	-30 до +40	87	120	0,081	1074
16	Camelion 12652	13	-30 до +40	87	95	0,084	1029
17	ЭРА Б0045323	8	-25 до +50	83	54	0,081	1018
18	Camelion LED 9	9	-30 до +50	75	51	0,075	1006
СДЛ с показателем технико-экономической эффективности менее 1000у.е.							
19	ЭРА LED E27 Б0049637	20	-20 до +50	60	79	0,065	923
20	Camelion 12309	17	-30 до +50	90	163	0,100	900
21	Camelion 13572	25	-30 до +40	85	206	0,097	874
22	Спутник E27	18	-25 до +40	80	135	0,093	860
23	Elementary SQ73239	30	-20 до +45	80	261	0,100	800
24	Ресанта LL-R E27 76/1/76	20	-30 до +40	90	214	0,118	763

- В таблице для обеспечения требуемого объема текста представлено всего 24 СДЛ из 30.

На упаковках светодиодных ламп, вместе с целым рядом показателей, приводится значение светового потока [Ф]. Ранее приводилось обоснование необходимости указания светотдачи (лм/Вт), а не светового потока (лм) [7]. Несмотря на это, многие производители к сожалению, продолжают на упаковках по-старому указывать световой поток.

Таким образом, в результате проведенных исследований обделены критериальные значения коэффициента технико-экономической эффективности, которые могут служить определенным ориентиром при приобретении современных СДЛ.

Источники

1. Сравнение светодиодных светильников ряда ведущих фирм на основе результатов первого этапа анализа из технико-экономических показателей/ Тукшаитов Р.Х., Исыхаэфу А., Нургалиева Э.И./ Современная светотехника. 2014. № 4. С. 51.

2. Метод оценки технико-экономической эффективности промышленных светодиодных светильников/ Тукшаитов Р.Х.,

Абдуллазянов Э.Ю., Нигматуллин Р.М., Исыхакэфу А./ Современная светотехника. 2014. № 1.

3. Экспресс-оценка офисных светодиодных светильников по их технико-экономическому показателю / Р. Х. Тукшаитов, Р. М. Нигматуллин, Д. Д. Бурганетдинова, А. Исыхакэфу // Энергетика Татарстана. – 2014. – № 2(34). – С. 72-75.

4. Айхайти, И. Экспертиза качества светодиодных ламп разных производителей на основе оценки их технико-экономической эффективности / И. Айхайти, Р. Х. Тукшаитов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2014. – № 7-8. – С. 144-148.

5. Тукшаитов, Р. Х. Разработка и применение критериальных значений параметров светодиодных осветительных приборов для контроля их качества / Р. Х. Тукшаитов, И. Айхайти // Инженерный вестник Дона. – 2017. – № 4(47). – С. 28.

6. Тукшаитов, Р. Типовые и филаментные светодиодные лампы. Каким образом можно оперативно оценивать их качество. Часть 1 / Р. Тукшаитов, М. Гусманов // Полупроводниковая светотехника. – 2018. – № 4 (54). – С. 24-27.

7. Тукшаитов, Р. Системный анализ типовых ошибок, допускаемых в каталогах светодиодных осветительных приборов. Первая типовая ошибка / Р. Тукшаитов // Полупроводниковая светотехника. – 2019. – № 1 (57). – С. 14-16.

УДК 004.9

О ПРЕИМУЩЕСТВАХ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ «ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ» ДЛЯ МОНИТОРИНГА И ОБСЛУЖИВАНИЯ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Шаяхметов Булат Ришатович¹, Пименов Евгений Игоревич²,
Мухарлямов Ислам Ренатович³

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹bschayahmetov@yandex.ru, ²evgexa.pimenov@yandex.ru, ³islamsmirnov2000@gmail.com

В работе представлено описание преимуществ по внедрению искусственного интеллекта в процесс мониторинга и обслуживания воздушных линий электропередач, представляющего из себя взаимосвязанную систему из датчиков, устанавливаемых непосредственно на ЛЭП, спутников, модуля ИИ, базы данных и диспетчера.

Ключевые слова: искусственный интеллект, линии электропередач, датчики, спутник, база данных, бережливое производство

ABOUT THE ADVANTAGES OF IMPLEMENTING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGY FOR MONITORING AND MAINTENANCE OF POWER LINES

Shayakhmetov Bulat R.¹, Pimenov Evgeniy I.², Mukharlyamov Islam R.³

^{1,2,3}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹bschayahmetov@yandex.ru, ²evgexa.pimenov@yandex.ru, ³islamsmirnov2000@gmail.com

The paper presents a description of the advantages of introducing artificial intelligence into the process of monitoring and maintaining overhead power lines, which is an interconnected system of sensors installed directly on power lines, satellites, an AI module, a database and a dispatcher.

Keywords: artificial intelligence, power lines, sensors, satellite, database, lean manufacturing

В современных реалиях искусственный интеллект занимает лидирующие позиции во многих отраслях промышленности. В связи с этим все более актуальной становится тематика бережливого производства, в основе которой лежит изготовление большого объема продукции на меньших производственных площадях и с полным удовлетворением потребительских ожиданий. Основой концепции бережливого производства является борьба с потерями, которая может быть достигнута путем внедрения искусственного интеллекта [1, 2, 3].

Как известно, ежегодно в виду ряда причин происходит повреждение опор ЛЭП. Повреждения бывают самые разнообразные – от непригодных к эксплуатации изоляторов и опорных конструкций вплоть до обрушения деревьев [4]. С целью определения основных причин перебоев на ЛЭП был проведен анализ (рис. 1), на основе которого получены следующие результаты:

- большинство случаев перебоев на опорах ЛЭП связаны с повреждением изоляторов и нарушением на проводах;
- среднюю нишу занимают прочие причины;
- оставшиеся 19% приходятся на повреждения опор и конструкций, кабелей, а также падения деревьев.

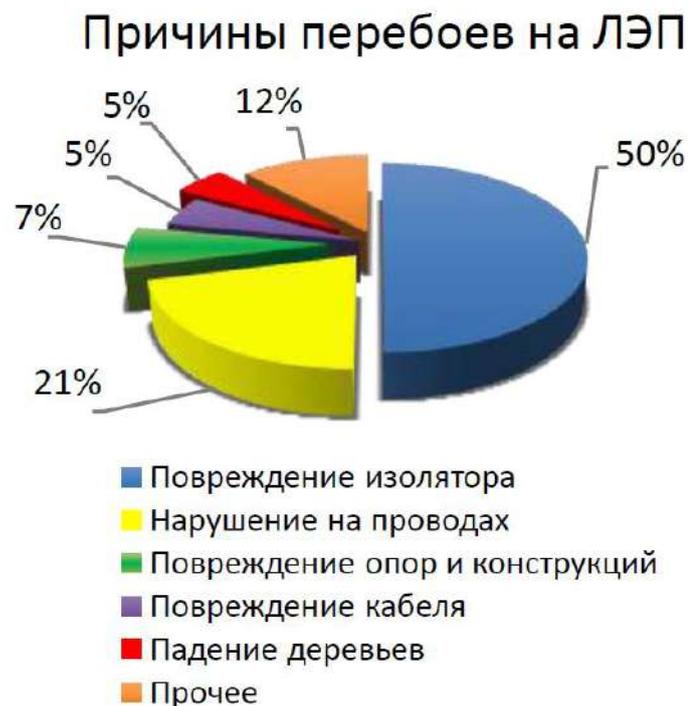


Рис. 1. Причины перебоев на ЛЭП

Важным аспектом в данном вопросе является непосредственно ремонт и обслуживание линий электропередач, а именно затраты на их проведение. Для снижения потребления значительного объема ресурсов при производстве электроэнергии принято использование способа, который положительно скажется на экономической составляющей. Блок-схема по внедрению искусственного интеллекта представлена на рис. 2.



Рис. 2. Схема внедрения ИИ

При выходе из строя одного из участков происходит поступление сигнала на модуль ИИ, который передает информацию на спутник с целью запечатления конкретного участка линии. В течение некоторого времени

происходит обработка информации и ее сверка с базой данных, из которой ИИ извлекает информацию о подобных случаях и дополняет новыми, локализуя точное расположение поломки и ее характер. Полученные данные передаются диспетчеру.

Данный способ может способствовать сокращению необходимого времени на поиск и обслуживание поврежденных участков, что позволит уменьшить простой линии и недоотпуск электроэнергии потребителям. А также снижается уровень человеческого участия ввиду того, что расчеты и данные оперируются алгоритмом ИИ.

Источники

1. Алексей Капитонович Гастев - родоначальник бережливого производства [Электронный ресурс]. http://leanok.ru/2014/11/blog-post_18.html (дата обращения: 21.03.24).

2. Советские истоки успеха Тойоты - система Бережливого производства! [Электронный ресурс]. <https://tenchat.ru/media/137532-sovetskiye-istoki-uspekha-toyoty--sistema-berezhlivogo-proizvodstva> (дата обращения: 21.03.24).

3. Бережливое производство в энергетике [Электронный ресурс]. <https://kauri-iot.com/blog-post/berezhlivoe-proizvodstvo-v-jenergetike/> (дата обращения: 21.03.24).

4. Повреждения ЛЭП [Электронный ресурс]. <https://umecan.ru/press/view/427> (дата обращения: 21.03.24).

СЕКЦИЯ 7. РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

УДК 621.316.925

ВЛИЯНИЕ САМОЗАПУСКА МОЩНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА СИСТЕМУ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Билалов Ринат Радикович

Науч. рук. к.ф.-м.н., доцент Гавриленко Андрей Николаевич

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

bilal.r00@mail.ru

В статье рассмотрены вопросы влияния самозапуска электродвигателей на систему электроснабжения. Нестабильная работа электродвигателей может вызвать нарушения в надежности и устойчивости работы узлов нагрузки. Для обеспечения стабильности и надежности электроснабжения при кратковременных сбоях в сети применяется процедура самозапуска электродвигателей.

Ключевые слова: падение напряжения, самозапуск электродвигателя, пуск двигателя, пусковой ток, релейная защита, короткое замыкание.

THE EFFECT OF SELF-STARTING POWERFUL ENGINES ON THE POWER SUPPLY SYSTEM

Bilalov Rinat R.

Scientific advisor Gavrilenko Andrei N.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

bilal.r00@mail.ru

The article discusses the impact of self-starting electric motors on the power supply system. Unstable operation of electric motors can cause disruptions in the reliability and stability of the load units. To ensure the stability and reliability of the power supply in case of short-term failures in the network, the procedure for self-starting electric motors is used.

Keywords: voltage drop, electric motor self-start, motor start, starting current, relay protection, short circuit.

Самозапуском называется восстановление нормальной работы электропривода после кратковременного перерыва электроснабжения. Самозапуск двигателей может оказывать влияние на систему

электроснабжения из-за особенностей работы пусковых устройств и потребляемой мощности во время запуска. После самозапуска и восстановления напряжения электродвигатель быстро набирает обычную угловую скорость и продолжает работать продуктивно, обеспечивая стабильную производительность приводимого механизма с нагрузкой [1]. Из-за самозапуска электродвигателей применяются средства автоматизации систем электроснабжения, которые позволяют повысить эффективность и надежность работы энергосистемы. Резкий спад напряжения, после прекращения питания, можно немедленно исключить действием релейной защиты и устройств автоматики. Если не выполнить процедуру самозапуска, работа электродвигателей может замедлиться и привести к полной остановке. Даже если автоматика работает, возможны серьезные повреждения, особенно в случае нарушения сложного технологического цикла. Самозапуск может произойти после кратковременного глубокого падения напряжения вследствие близкого короткого замыкания (КЗ), обнаруживаемого и отключаемого релейной защитой [2]. В процессе самозапуска будут активироваться только те двигатели, напряжение на которых упало до уровня, вызвавшего снижение скорости вращения.

В зависимости от продолжительности перерыва в электроснабжении существуют две основные ситуации, в которых может потребоваться самозапуск: либо двигатель имеет некоторую остаточную угловую скорость к моменту восстановления напряжения, либо он успевает полностью остановиться. Для обеспечения безопасности необходимо автоматически отключать выключатель с выдержкой времени после полной остановки двигателя или в случае, когда приближение персонала к механизму невозможно, если двигатель остается подключен к сети.

Во время процесса самозапуска происходят изменения следующих параметров: токов, напряжения и частоты вращения электродвигателей [3]. На представленной диаграмме (см. рисунок) отображены графики изменения данных параметров двигателей в процессе их переключения на резервное питание. После отключения основного источника питания в момент времени t_1 напряжение на выводах электродвигателей падает, что приводит к началу процесса торможения. На момент времени t_2 включается резервный источник питания, в результате чего напряжение на выходах двигателей возвращается, и они начинают ускоряться.

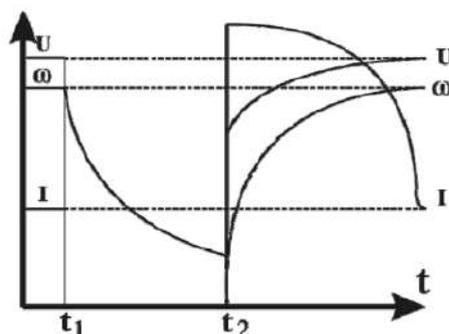


Диаграмма напряжения U , частоты вращения ω двигателя и токов I во время процесса самозапуска электродвигателя при действии автоматического ввода резерва

Разгон двигателя начинается после восстановления питания. На этом этапе самозапуск отличается от пуска наличием следующих особенностей [4]:

1. Участие группы электродвигателей в процессе самозапуска приводит к увеличению электрических токов в сети, что может вызвать падение напряжения на выводах двигателей и снижение вращающего момента;

2. В момент восстановления питания часть или все электродвигатели могут вращаться со скоростью от предыдущей работы. Самозапуск, как правило, осуществляется при наличии нагрузки на механизмы, что приводит к увеличению времени выхода на рабочие обороты и повышению температуры обмоток.

После кратковременного сильного падения напряжения из-за близкого короткого замыкания, которое отключается релейной защитой, самозапуск может начаться. При восстановлении электропитания, в условиях ограниченной мощности источника, возможное нежелательное увеличение общей мощности электродвигателей, участвующих в самозапуске, может негативно сказаться на работе системы.

Источники

1. Голоднов, Ю. М. Самозапуск электродвигателей. М.: Энергоатомиздат, 1985. 136 с.

2. Ахметзянова, Г. И., Гавриленко, А. Н. Влияние двигательной нагрузки на эффективность работы релейной защиты / Г. И. Ахметзянова, А. Н. Гавриленко [Текст] // Тинчуринские чтения - 2022 "Энергетика и

цифровая трансформация". — Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. — С. 445-447.

3. Сыромятников, И. А. Режимы работы асинхронных и синхронных двигателей. М.: Энергоатомиздат, 1984. 240 с.

4. Эрнст, А. Д. Самозапуск асинхронных двигателей. Учебное пособие. — Омск: Изд-во ОмГТУ, 2006. — С. 11—12.

УДК 621.316.925.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГОЛОЛЕДНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ПРОВОДАХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ НА ПРОХОЖДЕНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ СИГНАЛОВ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ WINTRAKT

Гатина Диана Радиковна

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Писковацкий Юрий Валерьевич
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
gatina-00@list.ru

В статье представлена модель высокочастотного тракта воздушной линии электропередачи и рассмотрена частотная зависимость затухания при образовании на проводах линии гололёдно-изморозевых отложений.

Ключевые слова: воздушная линия, высокочастотный тракт, гололёдно-изморозевые отложения, затухание.

STUDY OF THE INFLUENCE OF ICE DEPOSITS ON OVERHEAD LINE WIRES ON HIGH-FREQUENCY SIGNAL TRANSMISSION IN WINTRAKT PROGRAM COMPLEX

Gatina Diana R.

Scientific advisor Piskovatsky Yury V.
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
gatina-00@list.ru

The article presents a model of the high-frequency path of an overhead power transmission line and considers the frequency dependence of attenuation during the formation of icy-frost deposits on the wires of the line.

Keywords: overhead line, high-frequency path, ice, attenuation.

Гололедные отложения на проводах являются неоднородным диэлектриком, уменьшающим скорость распространения сигнала вдоль линии электропередачи (ЛЭП) и вызывающим его дополнительное затухание [1, 2]. Это затухание появляется вследствие диэлектрических потерь энергии электромагнитной волны, расходуемой на нагрев слоя гололеда на проводах [3, 4].

Таким образом, гололедно-изморозевые отложения (ГИО) влияют на прохождение высокочастотных (ВЧ) сигналов следующим образом: из-за них снижается скорость распространения сигнала и появляется дополнительное затухание передаваемого сигнала.

Для исследования влияния ГИО на прохождение ВЧ-сигналов была реализована модель ВЧ тракта в программной среде WinTrakt [5].

На рисунке 1 показана схема ВЧ-тракта по воздушной ЛЭП.

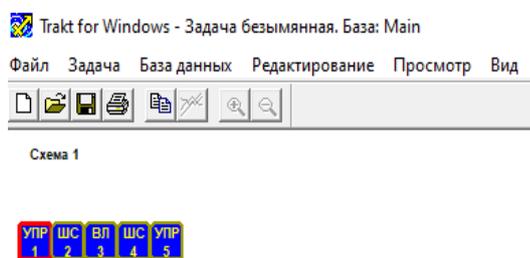


Рис. 1. Схема высокочастотного тракта

Для оценки влияния ГИО предварительно произведён расчет затухания в нормальном режиме работы ВЛ (ГИО отсутствуют), частотная зависимость представлена на рисунке 2. Из полученной частотной зависимости затухания видно, что затухание ВЧ-тракта в диапазоне частот (100...500) кГц лежит в интервале от 8,5 до 12 дБ.

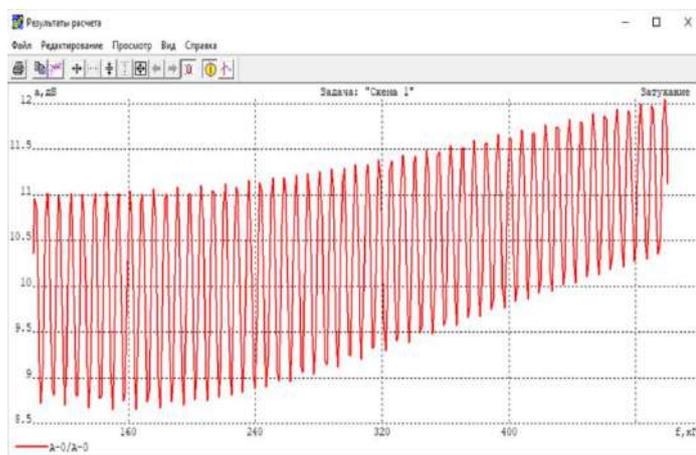


Рис. 2. Частотная зависимость затухания тракта без учета гололеда

Следующий расчет проведён для ВЛ в условиях образования ГИО со следующими параметрами – толщина стенки муфты 1 см, плотность 0,3 г/см³, длина покрытия равна длине ВЛ.

Полученный график (рисунок 3) дает понять, что в диапазоне частот от 100 до 500 кГц затухание ВЧ-сигнала значительно больше, чем в первом случае. В данном случае оно составляет примерно 10 - 35 дБ.

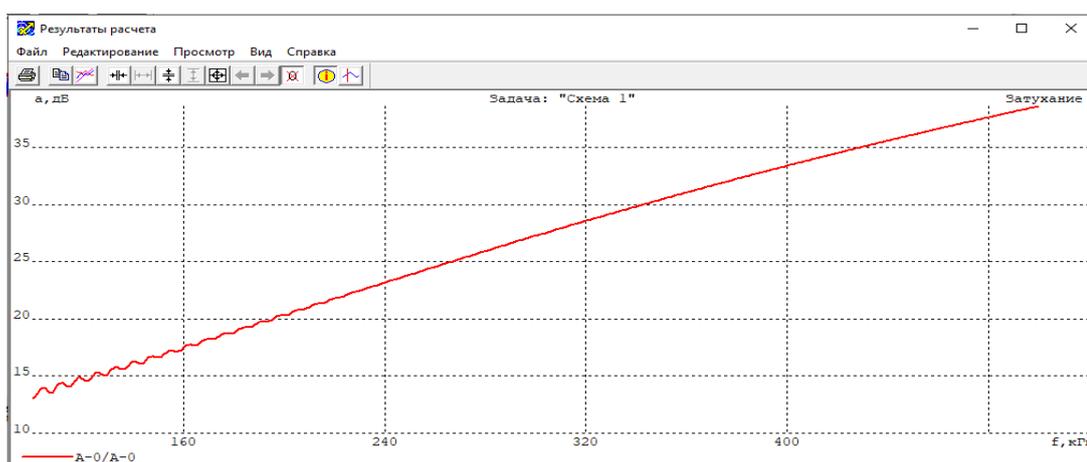


Рис.3. Частотная зависимость затухания тракта с учетом гололеда

Таким образом, влияние ГИО на работу ВЧ-канала достаточно велико, ввиду чего параметры ВЧ-канала должны быть спроектированы таким образом, чтобы рекомендуемый запас по затуханию покрывал возможные колебания величины затуханий, вызванных ГИО на проводах линий. В районах с интенсивным гололёдообразованием на проводах ВЛ это требование не всегда удаётся выполнить, что приводит к отказу основных ВЧ защит и потере канала связи для устройств передачи аварийных сигналов и команд, а также телеметрии.

Источники

1. Скитальцев, В. С. Высоочастотные каналы релейной защиты. – СПб.: Издание Центра подготовки кадров энергетики, 2005. – 128 с.
2. Писковацкий, Ю.В., Мустафин, Р.Г., Хакимзянов, Э.Ф., Губаев, Д.Ф. Влияние гололедных отложений на проводах воздушных линий электропередачи на скорость распространения импульсного сигнала // Энергетика Татарстана. – 2013. – №3. – С. 39-43.
3. Касимов, В.А., Минуллин, Р.Г. Распознавание локационным методом гололёдных и изморозевых отложений на проводах воздушных линий электропередачи//Электрические станции. – 2018. –№ 10. – С. 38-48.

4. Минуллин, Р.Г., Писковацкий, Ю.В., Касимов, В.А. Определение места повреждения локационным методом на линиях электропередачи с ответвлениями // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2021. – Т. 13. – № 3. – С. 69-80.

5. Шкарин, Ю.П. Высокочастотные тракты каналов связи по линиям электропередачи. – М.: НТФ «Энергопрогресс», 2001. – 146 с.

УДК 621.316.925.1

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПОДСТАНЦИИ НА ЯЗЫКЕ SCL

Гиззатуллин Р.Р.

Науч. рук. к. ф-м. наук, доц. Мустафин Р.Г.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

yanoe545@gmail.com

Статья рассматривает информационную модель подстанции на языке SCL (Substation Configuration Language) как важный инструмент в области автоматизации и управления электроэнергетическими системами. В ней приводятся преимущества использования SCL для создания и анализа конфигурации подстанции. Обсуждаются основные компоненты модели и их роль в повышении надежности, безопасности и эффективности работы электроэнергетических систем.

Ключевые слова: информационная модель, автоматизация, цифровая подстанция.

SUBSTATION INFORMATION MODEL IN SCL LANGUAGE

Gizzatullin R.R.

Scientific advisor Mustafin R.G.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

yanoe545@gmail.com

The article examines the substation information model in SQL (Substation Configuration Language) as an important tool in the field of automation and control of electric power systems. It describes in detail the structure of the information model, including objects, connections and attributes, as well as the advantages of using SCL to create and analyze a substation configuration. The main components of the model and their role in improving the reliability, safety and efficiency of electric power systems are discussed.

Keywords: information model, automation, digital substation.

Информационная модель подстанции на языке SCL (Substation Configuration Language) - это структурированное описание конфигурации, устройств и соединений на электроэнергетической подстанции. SCL представляет собой специализированный язык программирования, который позволяет создавать и управлять данными о различных компонентах подстанции, таких как трансформаторы, выключатели, реле, шины, линии передачи и другие устройства.

Информационная модель подстанции на языке SCL состоит из трех основных компонентов: объектов, связей и атрибутов. Объекты представляют собой конкретные устройства и компоненты, которые присутствуют на подстанции, и они описываются с использованием различных типов данных, таких как идентификаторы, названия, типы и характеристики [1]. Связи определяют отношения между объектами, указывая, какие устройства подключены друг к другу или к определенным шинам и линиям передачи. Атрибуты содержат дополнительные сведения о каждом объекте, такие как его технические параметры, номинальные характеристики, статус и другие важные данные.

С помощью SCL можно описывать как физическую, так и логическую структуру подстанционного оборудования, а также взаимодействие между различными устройствами. Эти описания используются для автоматической настройки устройств, значительно упрощая процесс их интеграции и сокращая время на ввод в эксплуатацию. На языке SCL информационная модель подстанции описывается в XML-файлах, которые часто называются CID, ICD, SCD и SSD.

Вот один из примеров различных разделов SCL-файла написанных на xml:

Single Line Diagram (SLD) или однолинейная схема подстанции:

```
<Substation name="SS1">
  <VoltageLevel name="VL1" nomFreq="50" numPhases="3
">
    <Voltage value="110000"/>
    <Bay name="Bay1">
      ...
    </Bay>
    <!-- Дополнительные шины, ячейки и
оборудование -->
  </VoltageLevel>
  <!-- Дополнительные уровни напряжения -->
</Substation>
```

Пример показывает фрагмент кода SCL-файла со структурой подстанции, описанием интеллектуальных устройств (IED), настройками шаблонов данных и параметрами сетевых подключений. Фактические SCL-файлы могут быть гораздо более сложными, содержать большее количество данных и подробностей в зависимости от масштаба и спецификации подстанции.

Применение информационной модели подстанции на языке SCL предоставляет ряд значительных преимуществ. Во-первых, это улучшает надежность работы электроэнергетических систем, поскольку позволяет оперативно выявлять и устранять неисправности и конфликты в конфигурации подстанции [2]. Во-вторых, это облегчает планирование и управление подстанциями, так как позволяет автоматизировать многие процессы контроля и мониторинга. В-третьих, это обеспечивает гибкость и быструю адаптацию к изменениям в системе, так как модель может быть легко модифицирована и обновлена в соответствии с требованиями.

Однако следует помнить, что создание и поддержание информационной модели подстанции на языке SCL требует определенного уровня экспертизы и знаний в области автоматизации и электроэнергетики [3]. Необходимо также обеспечить согласованность и точность данных в модели, чтобы избежать ошибок и недочетов при управлении подстанцией.

Таким образом, информационная модель подстанции на языке SCL является неотъемлемым инструментом для управления и контроля электроэнергетическими системами, который способствует повышению эффективности, надежности и безопасности работы подстанций.

Источники

1. Гранская А.А., Губаев Д.Ф., Мустафин Р.Г., Гранский Г.А. Применение системы векторных измерений на ЦПС // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике. Материалы XVII Всероссийской открытой молодежной научно-практической конференции. Редколлегия: А.Г. Арзамасова (отв. редактор). Казань, 2022. С. 15-18.

2. Гиниятов С.А., Мустафин Р.Г. Применение протокола Sampled Values в системах РЗА цифровой подстанции // ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2021 «ЭНЕРГЕТИКА И ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ». Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3 томах. Казань, 2021. С. 324-327.

3. Igor Ivankovic, Ksenija Zubrinic-Kostovic, Aleksandar Susa, Zoran Zbunjak Smart Grid Monitoring of High voltage Circuit Breaker Lifetime with Data in Control Room [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/346951893_Smart_Grid_Monitoring_of_High_voltage_Circuit_Breaker_Lifetime_with_Data_in_Control_Room (дата обращения: 10.02.2024).

УДК 621.316

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ КОММЕРЧЕСКОГО И ТЕХНИЧЕСКОГО УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Гилязтдинов Рустам Салаватович

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Мустафин Рамиль Гамилович

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

gilyaztdinov@bk.ru

В данной работе рассматривается возможность применение нейронных сетей в качестве основы подсистемы прогнозирования электропотребления автоматизированной интеллектуальной системы контроля учета электроэнергии. Рассмотрен способ построения подобной подсистемы.

Ключевые слова: диспетчерское управление, нейронные сети, электроэнергетические системы.

APPLICATION OF NEURAL NETWORK TECHNOLOGIES FOR COMMERCIAL AND TECHNICAL ELECTRICITY METERING

Gilyaztdinov Rustam S.

Scientific advisor Mustafin Ramil G.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

gilyaztdinov@bk.ru

In this paper, the possibility of using neural networks as the basis of a subsystem for forecasting power consumption of an automated intelligent power metering control system is considered. The method of constructing such a subsystem is considered.

Keywords: dispatch control, neural networks, electric power systems.

Особенность электроэнергетической отрасли, заключающаяся в жесткой взаимозависимости между процессами генерации и потребления электроэнергии и невозможности ее накопления в больших количествах, требует обеспечения высокого уровня надежности и эффективности работы электроэнергетических сетей. Выполнение данных условий невозможно без обеспечения постоянного контроля за распределением электрической энергии. Для оптимизации работы системы необходимо принятие экономических, организационных и технических мер, разработка которых ведется в том числе и на основе данных о прошлом и настоящем потреблении электроэнергии. Немаловажным считается прогноз о будущем потреблении. Как правило, процессы прогнозирования и измерения и учета электроэнергии являются технически и организационно не связанными процессами, однако объединение данных процессов может повысить эффективность управления работой энергосистемы. Это достигается за счет предоставления возможности прогнозирования системе автоматизированного контроля учета электроэнергии (АСКУЭ).

На данный момент существует множество вариантов систем прогнозирования, специализированного под это программного обеспечения (ПО), основой которых в большинстве случаев являются нейронные сети. Специфика подобных систем прогнозирования требует предварительного обучения (адаптации системы под выполнение конкретных задач в конкретных условиях режимов работы энергосистемы). Использование одиночных нейронных сетей для решения данных задач является недостаточным, вследствие чего используют объединения нейронных сетей различных типов (ансамбли) (рис. 1).

Рассматриваемые ансамбли нейронных сетей должны иметь многоуровневую иерархическую структуру, в состав которой входят нейронные сети с минимальным уровнем погрешности прогнозирования. При выборе нейросетей важными условиями являются: минимальная взаимосвязь между выходными данными нейросетей нижнего уровня, и максимально возможная взаимная компенсация погрешностей нейросетей.



Рис. 1. Схема подсистемы прогнозирования, созданной на основе ансамбля нейросетей.

Подсистема прогнозирования, изображенная на рисунке 1, имеет базу данных, а также нейросеть, выполняющую классификацию графиков нагрузки, нейросети, которые дают прогноз электропотребления, и нейросеть, обрабатывающую указанные прогнозы, что повышает точность прогнозирования потребления электроэнергии.

Упреждающее управление работой энергосистемы является высокоэффективным, однако для его достижения необходимо включать в состав информационной системы специализированные системы прогнозирования с различным горизонтом прогнозов на каждом этапе планирования режима работы (рис. 2).

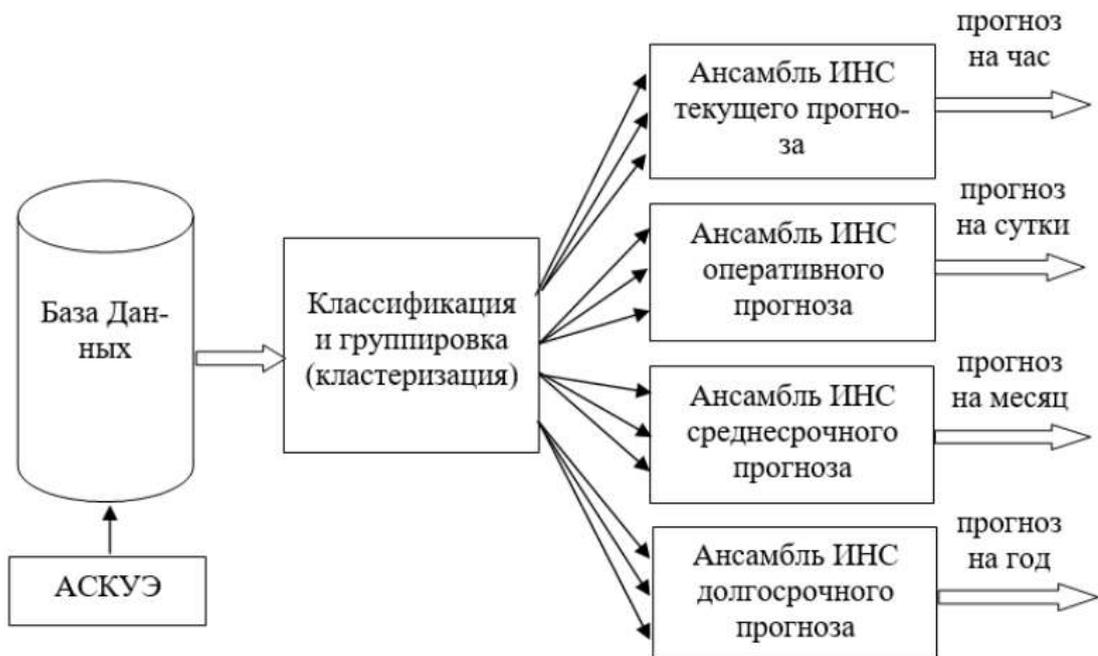


Рис. 2. Структура общей интегрированной системы прогнозирования.

Управляющие решения часто принимаются самостоятельно диспетчерами. Однако учет возможных альтернатив управленческим решениям требует использования систем поддержки принятия решений (СППР), которой необходима текущая, прошлая и прогнозируемая информация, системный решатель, основанный на нечеткой логике, база знаний. Данный факт делает необходимым реализацию автоматизированного управления энергосистемой с помощью подсистем прогнозирования электропотребления на всех уровнях системы управления в виде СППР.

Подводя итог, можем утверждать, что объединение процессов контроля и учета и прогнозирования позволяет реализовать упреждающую систему управления электроэнергетической системой, что повышает ее технические и экономические показатели [1,2].

Источники

1. Староверов, Б. А. Применение подсистемы нейросетевого прогнозирования в техническом и коммерческом учете электроэнергии для реализации упреждающего управления / Б. А. Староверов, Р. Н. Хамитов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 8. – С. 426-431.

2. Мозохин, А. Е. Смартэнергопрогноз. Интеллектуальные системы учета электроэнергии / А. Е. Мозохин // Информационные системы и технологии: вопросы теории и практики: Материалы II Всероссийской научно-практической конференции, Кострома, 30 марта 2019 года. – Кострома: Костромской государственный университет, 2020. – С. 37-43.

УДК 681.5

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ДИСПЕТЧЕРСКОГО УПРАВЛЕНИЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Гилязтдинов Рустам Салаватович

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Мустафин Рамиль Гамилович

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

gilyaztdinov@bk.ru

В данной работе рассматриваются функции автоматизированной системы диспетчерского управления. Рассмотрен системный комплекс СК-11, представлены преимущества использования данного комплекса.

Ключевые слова: диспетчерское управление, сетевой комплекс, автоматизированные системы.

AUTOMATED DISPATCH CONTROL SYSTEMS OF THE NEW GENERATION IN THE ELECTRIC POWER INDUSTRY

Gilyaztdinov Rustam S.

Scientific advisor Mustafin Ramil G.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

gilyaztdinov@bk.ru

In this paper, the functions of an automated dispatch control system are considered. The SK-11 system complex is considered, the advantages of using this complex are presented.

Keywords: dispatch control, network complex, automated systems.

На данный момент наблюдается тенденция развития и внедрения автоматизированных систем диспетчерского управления. Особенно актуальны данные решения для электроэнергетической отрасли, где подобные системы могут самостоятельно выполнять задачи по распределению и передаче электроэнергии, так и выступать помощником для диспетчера в принятии подобных решений.

Необходимость внедрения подобных систем обусловлена масштабностью электроэнергетических систем, их сложностью и разветвленностью, жесткими требованиями к качеству электроэнергии, увеличению объема информации, необходимой для грамотного управления работой системы, повышения ее надежности и поиска решений, направленных на оптимизацию работы электроэнергетических систем. В нашей стране оперативно-диспетчерское управление режимами работы Единой электроэнергетической системы выполняет АО «Системный оператор Единой энергетической системы». Системный оператор имеет право выдавать обязательные для исполнения субъектами электроэнергетики и потребителями электроэнергии, способными оказывать влияние на режимы работы электроэнергетической системы, распоряжения и оперативные диспетчерские команды.

В диспетчерских центрах функции приема, обработки, хранения и передачи информации (отчетной/плановой/телеметрической), описывающей состояние электроэнергетической системы в данный момент времени, пользователям выполняет сетевой комплекс СК-11. Данный комплекс обладает рядом преимуществ, заключающихся в его надежности,

единая распределенная система, способная связывать несколько центров управления, высокая точность вычислений, высокая эффективность обработки больших объемов данных, отслеживание изменений в состоянии оборудования в режиме реального времени. За основу работы данного комплекса взят открытый стандарт CIM (Common Information Model), который определяет представление управляемых объектов ИТ-среды как совокупность объектов и их отношений, сводит управление такие объектами к единому способу, вне зависимости от производителя.

Согласно приказу Министерства Энергетики РФ № 1340 от 22.12.2022, субъекты электроэнергетической системы, включенные в перечень объектов диспетчеризации, способные оказывать влияние на режим работы данной системы, обязаны предоставлять информацию о своих объектах [1].

Для автоматизации процесса управления электроэнергетической системой необходимо создать модель в программном комплексе, в которой описываются элементы различных классов и их параметры. После описания всех классов их необходимо связать в топологический процесс, и актуализировать модель, по которой будет осуществляться оперативно-диспетчерское управление электроэнергетической системой.

Для получения параметров объектов диспетчеризации необходимо настроить передачу значений параметров элементов системы и их состояния, что составляет телеметрию (телеизмерение/телесигнализация). Данные, поступившие в пункт диспетчерского управления, позволяют осуществлять управление режимами работы электроэнергетической системы, составлять прогнозы поведения графиков нагрузки, так же на основе полученных данных выполняется дистанционное управление переключениями (ввод/вывод из работы различных элементов), что доказывает эффективность использования построенной модели [2].

Подводя итог, можем утверждать, что применение автоматизированных систем диспетчерского управления позволяет существенно повысить надежность и эффективность работы электроэнергетической системы. Рассмотренный системный комплекс СК-11 является примером автоматизированной системы управления технологическими процессами и контроля и учета электроэнергии нового уровня.

Источники

1. Приказ Министерства энергетики РФ от 20 декабря 2022 г. № 1340 «Об утверждении Правил предоставления информации, необходимой для осуществления оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике». [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/406453941/?ysclid=ltk5f6ina790026413> (дата обращения: 07.03.2024).

2. Большаков, М. В. Управление электроэнергетической системой с помощью автоматизированных средств диспетчерского управления нового поколения / М. В. Большаков // Молодёжь XXI века: шаг в будущее: Материалы XXIII региональной научно-практической конференции, Благовещенск, 24 мая 2022 года. Том 4. – Благовещенск: Дальневосточный государственный аграрный университет, 2022. – С. 45-46.

УДК: 621.316.925.1

БЛОКИРОВКА АЧР ПРИ ВЫБЕГЕ ДВИГАТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИНХРОННЫХ ВЕКТОРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Зинатуллин А.Р.

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук Гавриленко Андрей Николаевич
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
artur_zinatullin_20001@mail.ru

В данной работе рассматриваются особенности эксплуатации устройств АЧР на подстанциях, имеющую двигательную нагрузку. Выделены различные виды блокировок АЧР.

Ключевые слова: электродвигатели, наброс нагрузки, время срабатывания, состав нагрузки, двигательная нагрузка, выбег электродвигателя.

BLOCKING OF THE AFU DURING THE RUN-OUT OF THE MOTOR LOAD USING SYNCHRONOUS VECTOR MEASUREMENTS

Zinatullin A.R.

Scientific advisor Gavrilenko Andrei N.
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
artur_zinatullin_20001@mail.ru

In this paper, the features of the operation of AFU devices at substations with a motor load are considered. Various types of AFU locks are highlighted.

Keywords: electric motors, load build-up, response time, load composition, motor load, electric motor run-out.

В настоящее время одной из важных проблем, является неправильное срабатывание устройств автоматической частотной разгрузки (АЧР), а именно АЧР-1. Ложные срабатывания объясняются наличием существенной доли двигательной нагрузки или установленными синхронными компенсаторами в энергорайоне, так как в этом случае напряжение на шинах сохраняется длительное время на высоком уровне при снижающейся частоте [1].

В таком случае используются различные блокировки АЧР: блокировка АЧР по току, блокировка АЧР по напряжению, блокировка АЧР по частоте соседней секции, блокировка АЧР по направлению мощности, блокировка АЧР по скорости снижения частоты

Вышеописанные блокировки АЧР несовершенны, так как имеют недостатки и могут не срабатывать при выбеге двигательной нагрузки в определенных схемно-режимных ситуациях. Согласно СТО 59012820.29.020.003-2016 блокировка АЧР по скорости снижения частоты может не срабатывать, если при выбеге двигательной нагрузки частота в энергорайоне снижается медленнее чем 10 Гц/с. Реализация мероприятий по перенастройке уставок с АЧР-1 на АЧР-2 не всегда успешна, из-за отсутствия нужного объема нагрузки, которую можно подключить под действия АЧР-1 с наименьшей частью двигательной нагрузки в других энергорайонах [2]. Из-за этого уместнее будет использовать синхронизированные векторные измерения (СВИ) для блокировки АЧР. Такой способ реализации блокировки АЧР с использованием СВИ можно сравнить с уже имеющимся видом блокировки АЧР по частоте соседней секции, где измерение происходит не на соседней секции, а на соседнем объекте электроэнергетики, имеющем независимый источник электроснабжения. Таким образом, учитывая естественные характеристики потребителя и их соотношение с энергосистемами, отладки отдельных средств автоматики между собой, можно производить выбор параметров срабатывания ПА в узлах нагрузки [3].

Источники

1. Ахметзянова Г.И. Влияние двигательной нагрузки на эффективность работы релейной защиты / Г.И. Ахметзянова, А.Н. Гавриленко //Тинчуринские чтения – 2022 «Энергетика и цифровая трансформация»: Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3 томах, Казань, 27–29 апреля 2022 года. Том 1.– Казань: КГЭУ, 2022. – С. 445-447.

2. Стандарт организации АО “СО ЕЭС” СТО 59012820.29.020.011 – 2016 “Релейная защита и автоматика. Устройства синхронизированных векторных измерений. Нормы и требования”.

3. Мамаев А.А. Анализ алгоритмов функционирования блокировки АЧР для исключения неправильной работы при выбеге двигательной нагрузки / А.А. Мамаев // Всероссийская молодежная научно-практическая конференция “ЭНЕРГОСТАРТ”. Кемерово, 18-20 ноября 2021 года.

УДК 621.316.925.1

MATLAB DIFFERENTIAL PHASE PROTECTION SIMULATION

Isoev Mansur S.

Scientific advisor Piskovatsky Yuri V.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

mansuriso00@mail.ru

The article proposes a simulation model of differential phase protection by overhead power line on software package MATLAB. The simulation results are presented. Developed algorithm of differential phase protection successfully works in case of short circuit within the protected line and does not work in case of external damage.

Keywords: differential phase protection, MATLAB, HF, line, model.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-ФАЗНОЙ ЗАЩИТЫ В СРЕДЕ MATLAB

Исоев Мансур Сайфуллоходжаевич

Науч. рук. к-т техн. наук, доц. Писковацкий Юрий Валерьевич

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

mansuriso00@mail.ru

В статье рассмотрена имитационная модель дифференциально-фазной защиты воздушной линии электропередачи. Данная модель выполнена в программном комплексе MATLAB. Проверка работоспособности проводилась на модели линии электропередачи, выполненной в том же программном комплексе. Были проанализированы аналоговые сигналы, поступающие в модель защиты, и характер ВЧ сигналов, на которые реагирует ДФЗ.

Ключевые слова: дифференциально-фазная защита, PSCAD, ВЧ, линия электропередачи, модель.

Differential - phase protection - the main protection of the overhead power transmission line with absolute selectivity. The principle of operation is based on the comparison of the phases of currents on both sides of the line using semi-sets of BMRZ- DPHP installed at opposite ends. Semi-sets are connected to each other either by RF or by fiber-optic communication channels [1]. The development of a model that implements a line protection algorithm based on differential protection, successful experiments to demonstrate the correctness of the model will help to understand the logic of protection and the principle of operation of BMRZ-DPHP.

When broken at the point of $K2$, which corresponds to an internal short circuit, the currents flowing at the two ends of the protected line will be in-phase and almost equal, which leads to the formation of an intermittent signal - meander in the high-frequency communication channel, and the protection is triggered[2].

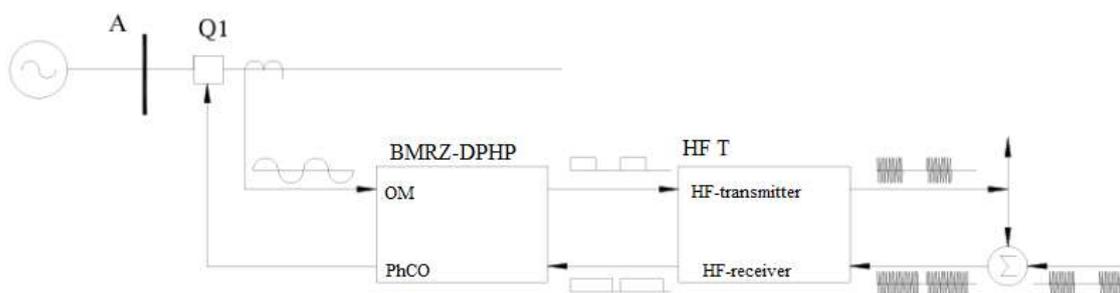


Fig. 1. Block diagram of differential-phase protection

For work, a model of the protected line and a differential-phase protection unit in the MATLAB software complex were created. Model with the following parameters: $U = 110\text{kV}$; $l = 95 \text{ km.}$; the setting of the transmitter control or manipulation (OM) by the coefficient of the combined current filter $KF = 3.0$; setpoint of the starting authority (SW) (disconnecting) for each of the semi-sets

$I_{l\ off} = 79.7\text{ A}$; the setpoint of the current phase comparator (SOF) by the angle at which the protection action for disconnection is blocked is adjusted within the $\pm 40^\circ$ to $\pm 65^\circ$; duty cycle duration setpoint: half period = $0.01\text{ s} = 180^\circ$. Actuation in the presence of a duty cycle with a duration of more than 20% (approximately 40°) from half the period ($t = 0.008\text{ s}$); is shown in Figure 3.

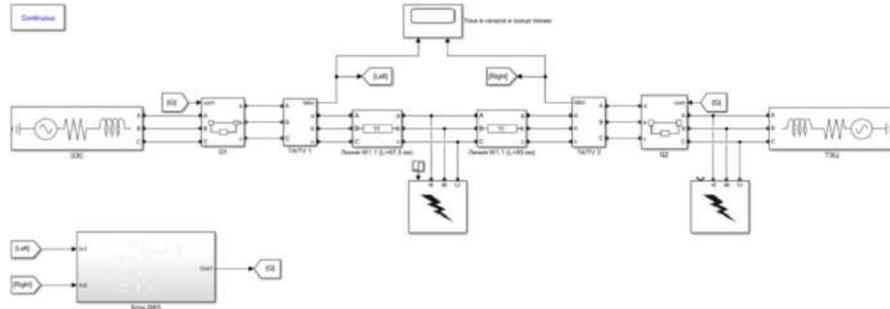


Fig. 2. Network model in MATLAB

A number of experiments were carried out in the work, namely: 1. Short circuit at the $K1$ point - single-phase short circuit to ground in the middle of the line; 2. Short circuit at the $K2$ point - two-phase short circuit at the end of the line; 3. Short circuit at the broken point - three-phase short circuit from the source side.

In each experiment, oscillograms were obtained that show the primary current of phases A, B, C; current at the input of the starting element, current of addition of currents $I1$ and $I2$; RF pulses at the receiver[3].

Since the scheme is symmetrical, measurements were made for only one of the semi-sets. Oscillograms for a short circuit at points $K1$ and $K2$ are shown in the figures below

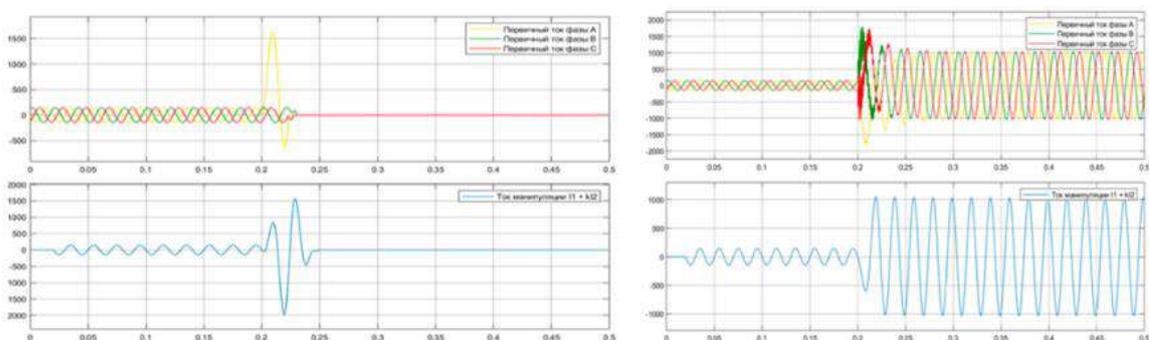


Fig. 3.a) Oscillogram at short-circuit at $K1$ point b) Oscillogram at short-circuit at $K2$ point

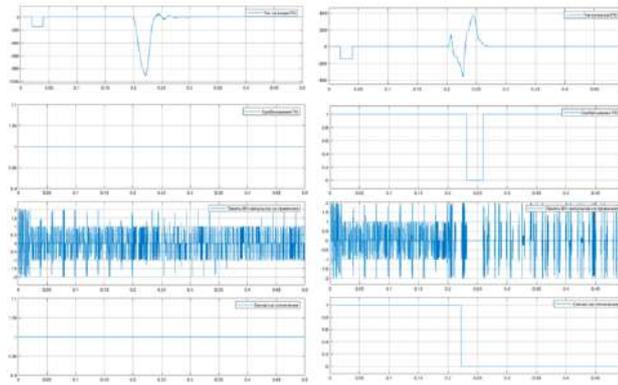


Fig. 4.a) Oscillogram at short-circuit at $K1$ point. b) Oscillogram at short-circuit at $K3$ point

After conducting a series of experiments and analyzing oscillograms, it can be concluded that the developed differential phase protection algorithm successfully works in case of a short circuit within the protected line, but does not work in case of external damage.

References

1. STO DIVG.648228. .080-14.03 RE1. Blok mikroprotssessornyoy releinoi zashchity BMRZ - DPHP-51. Rukovodstvo po ekspluatatsii. SPb.: NTTs Mekhanotronika, 2020.
2. Pravila ustroystva elektroustanovok (PUE). — 7-e izd. Glava 3.2, razdel 3. — M. : Rostekhnadzor, 2010. — 411 s.
3. Minullin R.G., Kasimov V.A., Minkin A.S., Piskovatskiy Yu.V., Filimonova T.K. Programmno-appartanye kompleksey lokatsionnogo monitoringa vozdushnykh liniy elektroperedachi informatsionnye tekhnologii v elektrotekhnike i elektroenergetike, 2022, s. 271-274

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-ФАЗНОЙ ЗАЩИТЫ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ PSCAD

Исоев Мансур Сайфуллоходжаевич

Науч. рук. к-т техн. наук, доц. Писковацкий Юрий Валерьевич

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

mansuriso00@mail.ru

В статье рассмотрена имитационная модель дифференциально-фазной защиты воздушной линии электропередачи. Данная модель выполнена в программном комплексе PSCAD. Проверка работоспособности проводилась на модели линии электропередачи, выполненной в том же программном комплексе. Были проанализированы аналоговые сигналы, поступающие в модель защиты, и характер ВЧ сигналов, на которые реагирует ДФЗ.

Ключевые слова: дифференциально-фазная защита, PSCAD, ВЧ, линия электропередачи, модель.

SIMULATION OF DIFFERENTIAL PHASE PROTECTION ON PSCAD

Isoev Mansur S.

Scientific advisor Piskovatsky Yury V.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

mansuriso00@mail.ru

The article proposes a simulation model of differential phase of protection by power line on software package PSCAD. The performance test was carried out on a model of an overhead power line, made in the same software package. The analog signals entering the protection model and the nature of the HF signals to which the DPP responds were analyzed.

Keywords: differential phase protection, PSCAD, HF, line, model.

Дифференциально – фазная защита (ДФЗ) – основная защита воздушной линии электропередачи с абсолютной селективностью. Принцип работы основан на сравнении фаз токов с обеих сторон линии, где установлены одинаковые полуккомплекты защиты. Они соединены друг с другом либо по ВЧ, либо по ВОЛС каналам связи [1]. Сравнение фаз токов происходит косвенно с помощью токов высокой частоты, которые

передаются по ВЧ каналу. Цель работы – создать модель в программном комплексе PSCAD для рассмотрения принципа действия ДФЗ, получить и проанализировать временные диаграммы токов короткого замыкания. Разработка модели, которая реализует алгоритм защиты линии на основе дифференциальной защиты, проведение успешных экспериментов для демонстрации корректности работы модели поможет понять логику защиты и принцип работы защиты [2]. Для этого используется упрощенная структурная схема ДФЗ, которая изображена на рисунке 1, где ОМ-орган управления передатчиком или манипуляцией; ОСФ – орган сравнения фаз токов.

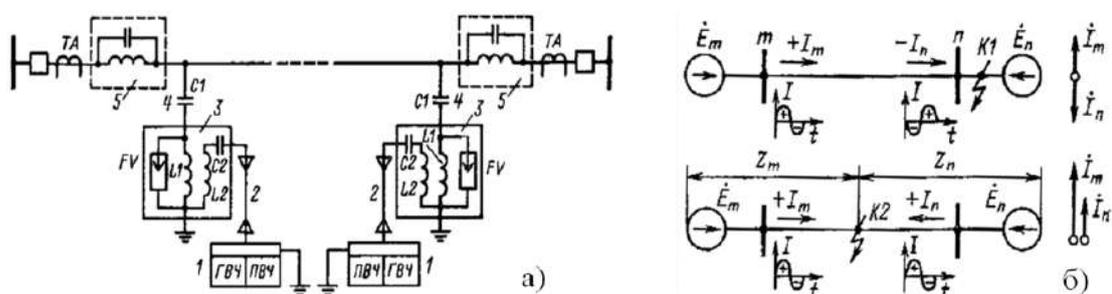


Рис. 1а. Принципиальная схема высокочастотного канала, 1б. Принцип действия дифференциально-фазной высокочастотной защиты

На каждом конце ЛЭП устанавливаются высокочастотные посты (ВЧА – на рис. 1 позиция 1), состоящие из высокочастотного генератора 30-500кГц (ГВЧ) и высокочастотного приемника (ПВЧ) [3]. Также на рисунке цифрой 2 обозначен высокочастотный кабель, 3 – фильтр присоединения, 4 – конденсатор связи, 5 - высокочастотный заградитель.

На рисунке 1 б изображен принцип действия дифференциально-фазной высокочастотной защиты.

Принцип действия ДФЗ основан на сравнении фаз токов по концам защищаемой линии. За положительное принимается направление от шин в линию. При внешнем коротком замыкании (КЗ) токи по концам линии сдвинуты друг относительно друга на 180 градусов. При внутреннем КЗ (в зоне действия защиты) – совпадают

Была создана модель защищаемой линии 110 кВ длиной 95 км и блок дифференциально-фазной защиты в программном комплексе PSCAD. (Рис. 2). Используется модель кабельной линии, но параметры задаются ВЛ, для моделирования отдельной каждой фазы и грозотроса.

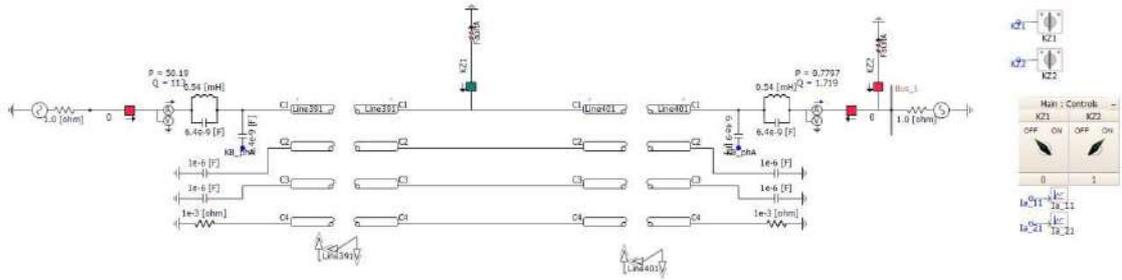


Рис. 2. Модель защищаемой линии в PSCAD

В работе был проведен ряд экспериментов, а именно: 1 случай – однофазное КЗ на землю за пределами линии; 2 случай - однофазное КЗ на землю в середине линии. В каждом эксперименте были получены осциллограммы, на которых виден ток с обеих сторон на линии I_1 и I_2 .

Осциллограммы при коротком замыкании для случая 1 изображены на рисунке 3а и для случая 2 на рисунке 3б.

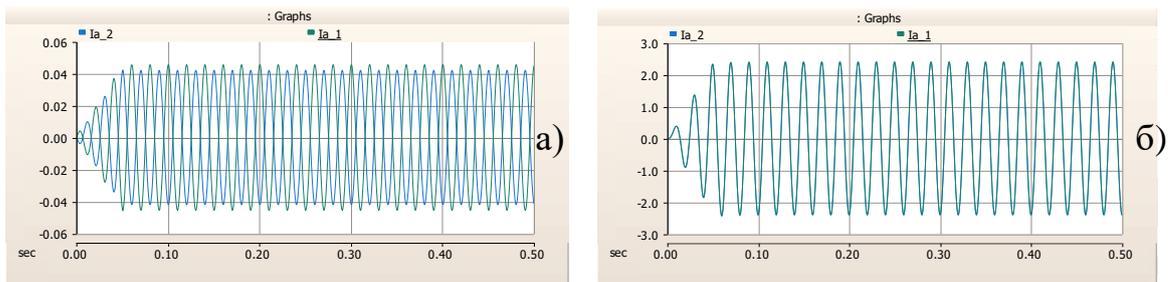


Рис. 3а. Осциллограмма для 1 случая 3б. Осциллограмма для 2 случая

После проведения серии экспериментов и анализа осциллограмм можно сделать вывод, что при внешних коротких замыканиях фазы токов противоположны по концам линии, ВЧ сигнал протекает по линии непрерывно и защита не работает [4]. В случаях, когда КЗ происходит на защищаемой линии генераторы обоих полукомплектов работают одновременно, а ВЧ сигнал – прерывистый и релейная защита срабатывает и отключает линию.

Источники

1. СТО ДИВГ.648228. .080-14.03 РЭ1. Блок микропроцессорный релейной защиты БМРЗ - ДФЗ-51. Руководство по эксплуатации. СПб.: НТЦ Механотроника, 2020.

2. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). — 7-е изд. Глава 3.2, раздел 3. — М. : Ростехнадзор, 2010. — 411 с.

3. Минуллин Р.Г., Касимов В.А., Минкин А.С., Писковацкий Ю.В., Филимонова Т.К. Программно-аппаратные комплексы локационного мониторинга воздушных линий электропередачи информационные технологии в электротехнике и электроэнергетике, 2022, с. 271-274

4. Гранская А.А. Применение системы векторных измерений на цифровой подстанции XXVI Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный дню энергетика, 2023, с. 348-351.

УДК 621.316.925

CYBERSECURITY ISSUES IN DIGITAL SUBSTATIONS

Kofman Georgy L.¹, Piskovatsky Yury V.²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹zhora.cofman@gmail.com, ²yura_kazan@mail.ru

This thesis touches upon such cybersecurity issues in digital substations as possible threats, weak spots of relay protection and automation systems as well as automated process control systems and relevant ways to avoid them or to get rid of them.

Keywords: digital substation, local area network (LAN), cybersecurity, relay protection, automated process control system.

ВОПРОСЫ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ НА ЦИФРОВЫХ ПОДСТАНЦИЯХ

Кофман Георгий Львович¹, Писковацкий Юрий Викторович²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹zhora.cofman@gmail.com, ²yura_kazan@mail.ru

Major increase in the number of digital substations caused by global digitalization rises plenty of cybersecurity and cyberthreats issues. Nowadays most of the relay protection systems are being equipped with intelligent electronic devices which are using specialized Ethernet-based communication protocols of IEC 61850 such as SV (stands for Sampled Values) and GOOSE (stands for Generic Object Oriented Substation Event). These are required to transmit real-time data regarding current and voltage values and digital signals.

[1]

Such main benefiting qualities of digital substation like fast communication and compatibility may become its main weaknesses regarding external possibilities of external cyberattacks. Cybersecurity in digital substations includes things like protection against plethora of external and internal threats which can lead to different consequences ranging from minor internal data replacements to major remote viral cyberattack. [2]

Cyberattack can be characterized by its vector or, in other words, methods and means one can use to gain unauthorized access to some protected system. Vector also includes taking benefit from system's weaknesses. Constantly transmitted GOOSE messages often fall victim to attacks. Thus, harmful malware being installed on engineers' computers which have access to managing GOOSE messages can be one of the possible ways to do that. Besides that, there are plenty more types of cyberthreats targeted at Ethernet-based technologies such as ARP attacks, MAC flooding attacks, attacks targeted at VLAN etc. GOOSE message transmits important information that's why any tampering with its contents may, for example, lead to breaker not operating properly while there is a short circuit. That on its own leads to damaged equipment. [3]

There are a few possible solutions to cyberthreats in digital substations. One of them is a partial revision of substation's structure based on IEC 61850. Some propose to replace all buses with loads of "point-to-point" connections. This solution allows using simpler communication protocols with one-way transmission of the information. Moreover, there are methods focused reducing the damage dealt during attack like separation of control and remote signaling circuits. In case of intrusion it's crucial to pull out the remote signaling circuits. This, on the other hand, can't be done without pulling out the bay controller which leads to losing all of the remote signals with information about any switchgear position. [4,5]

Sources

1. Вопросы информационной безопасности современных систем РЗА [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://digitalsubstation.com/blog/2013/12/16/voprosy-informacionnoj-bezopasnosti-sovremennykh-sistem-rza/> (дата обращения: 29.09.2023).

2. Should we be concerned about the cybersecurity of modern digital substations? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://electrical-engineering-portal.com/cybersecurity-indispensable-part-digital-substations> (дата обращения: 29.09.2023).

3. J. Hoyos, M. Dehus, T.X. Brown. Exploiting the GOOSE protocol: a practical attack on cyber-infrastructure // GC'12 Workshop: Smart Grid Communications: Design for Performance. 2012, pp. 1508-1513.

4 А.Б. Осак, Д.А. Панасецкий, Е.Я. Бузина. Аспекты надежности и безопасности при проектировании цифровых подстанций. Современные направления развития систем релейной защиты и автоматики энергосистем. 2013, Екатеринбург, с. 1-5.

5. Вопросы информационной безопасности современных систем РЗА [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://digitalsubstation.com/blog/2018/10/17/kak-minimizirovat-posledstviya-proniknoveniya-v-asu-tp-podstantsii/> (дата обращения: 29.09.2023).

УДК 621.316.925.1

УНИВЕРСАЛЬНАЯ МЕТОДИКА ЗАДАНИЯ УСТАВОК ЗАЩИТЫ ДАЛЬНЕГО РЕЗЕРВИРОВАНИЯ

Кузнецов Рафаэль Радикович

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Губаев Дамир Фатыхович

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

kuz-rafael@rambler.ru

В данной статье описывается методика задания уставок защиты дальнего резервирования, которая основывается на теории прообразов. Главной задачей такой защиты является гарантированное предотвращение ложных срабатываний путем анализа всех возможных режимов работы защищаемого объекта. Так же рассмотрено использование имитационной модели электропередачи для иллюстрации методики задания уставок, основанной на визуализации разнообразных нагрузочных сценариев и анализе прообразов каждого контролируемого объекта.

Ключевые слова: защита дальнего резервирования, повышение эффективности задания уставок, релейная защита, метод прообразов.

UNIVERSAL METHODOLOGY FOR SETTING REMOTE BACKUP PROTECTION

Kuznetsov Rafael R.

Scientific advisor Gubaev Damir F.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

kuz-rafael@rambler.ru

This article describes a methodology for setting remote backup protection, which is based on the theory of preimages. The main objective of such protection is to ensure the prevention of false alarms by analyzing all possible operating modes of the protected object. Additionally, the use of a simulation model of power transmission lines is examined to illustrate the methodology for setting protection settings, based on visualizing various load scenarios and analyzing the preimages of each controlled object.

Keywords: long-range redundancy protection, increasing the efficiency of setting setpoints, relay protection, prototype method.

Как известно, релейная защита должна соответствовать требованиям по селективности, скорости реагирования, чувствительности и надежности [1]. Одним из ключевых требований является гарантированная селективность, то есть надежное предотвращение ложных срабатываний. Это можно обеспечить только путем анализа всех возможных режимов работы защищаемого объекта и проверки защиты в каждом из них. Однако задача анализа всех возможных режимов имеет сложное решение из-за множества варьируемых параметров защищаемого объекта (например, угол передачи, коэффициенты загрузки трансформаторов и др.) и огромного числа их комбинаций. Для решения этой проблемы необходимо заменить анализ всех возможных режимов на расчет небольшого их числа с сохранением всех характеристик первоначального анализа. В этом помогает теория прообразов, основанная на отображении объектной области на плоскость измерения. Граничная задача отображения объектной области на плоскость измерения представляет собой построение плоской фигуры S с граничной линией L . Методика задания уставок защиты дальнего резервирования основывается на теории прообразов, согласно которой граничная линия в пространстве любой размерности имеет прообразом также линию [2]. Это позволяет строить границу области отображения альтернативных режимов без их полного анализа и значительных вычислительных затрат.

Процесс построения прообразов, соответствующих граничным линиям, можно проиллюстрировать на примере имитационной модели линии электропередачи с двусторонним питанием в режиме коммутации нагрузки. Модель представлена на рисунке 1.

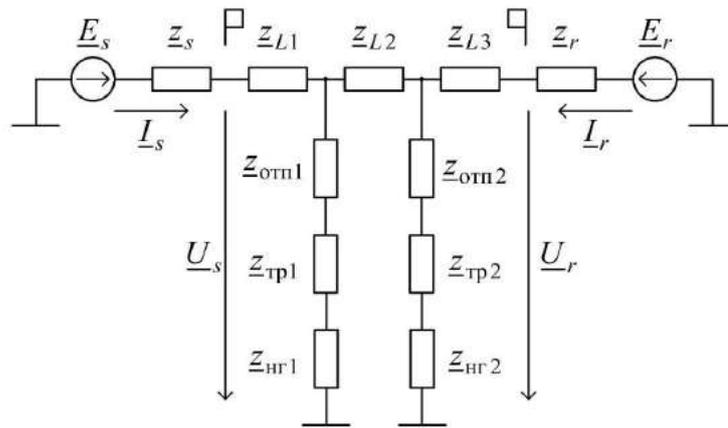


Рис. 1. Имитационная модель

Граничная линия замера формируется путем визуализации разнообразных нагрузочных сценариев линии электропередачи при двустороннем питании [3]. На рисунке 2 приведен результат моделирования энергетической системы с шестью изменяемыми параметрами.

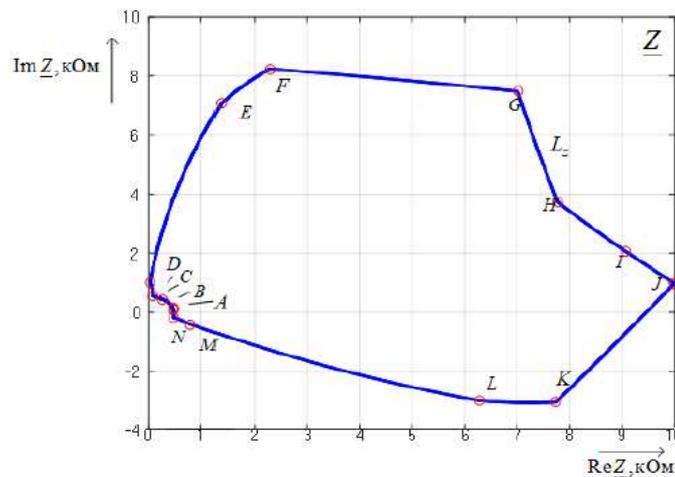


Рис. 2. Граничная линия области отображения режимов при отображении режимов имитационной модели на плоскость \underline{Z}

Автоматизированная методика задания уставок защиты дальнего резервирования базируется на концепции объектного прообраза. Каждому контролируемому объекту соответствует определенный прообраз. Это позволяет определить диапазон вариации параметров объекта и провести расчет уставок защиты лишь для тех режимов, которые соответствуют линии прообраза.

Источники

1. Кожин, А. И. Релейная защита линий с ответвлениями / А. И. Кожин, А. В. Рубинчик. – М.: Энергия, 1967 г. – 264 с. с илл. – Текст : непосредственный.
2. Колмогоров, А.Н. Элементы теории функций и функционального анализа / А. Н. Колмогоров, С. В. Фомин. - М.: Физматлит, 2012. — 572 с. – Текст : непосредственный.
3. Ванин, В. К. Релейная защита на элементах вычислительной техники / В. К. Ванин, Г. М. Павлов. - Л.: Энергоатомиздат, Ленинградское отделение, 1983. - 206 с. – Текст : непосредственный.

УДК 621.316.925:1

АНАЛИЗ ПОГРЕШНОСТЕЙ ТОКОВОЙ ЗАЩИТЫ ОТ ОЗЗ

Мударисов Радик Рафаилович

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Губаев Дамир Фатыхович

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

radikmudar@gmail.com

Рассмотрены следующие источники погрешностей работы токовой защиты, основанной на использовании трансформатора тока нулевой последовательности: динамичность значения емкости воздушной линии электропередач, трибоэлектрический эффект, вызванные факторами окружающей среды.

Ключевые слова: однофазные замыкания на землю, электрические сети 6-35 кВ, трибоэлектрический эффект.

ERROR ANALYSIS OF THE CURRENT PROTECTION FROM THE SEF

Mударисов Радик R.

Scientific advisor Gubaev Damir F.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

radikmudar@gmail.com

The following sources of errors in the operation of current protection based on the use of a zero-sequence current transformer are considered: dynamism of the capacitance value of an overhead power line, triboelectric effect caused by environmental factors.

Keywords: single-phase earth faults, 6-35 kV electrical networks, triboelectric effect.

Протяженность линий электропередач напряжением 6-35 кВ является самой большой, при этом большая часть повреждений в системах электроснабжения данного класса напряжения приходится на однофазные замыкания на землю (ОЗЗ) – около 70 – 80% от общего количества. Данная тенденция связана с особенностью режима работы нейтрали (изолированный, компенсированный, резистивный), который не позволяет такое повреждение как ОЗЗ классифицировать как короткое замыкание. Из-за малых токов утечки, возникающих при ОЗЗ (до 30 А) создание селективной чувствительной защиты крайне затруднительно в рамках классической парадигмы построения терминала защиты, заключающейся в сравнении измеряемой величины с уставкой, заданной жестко. Данные факты делают изучение способов повышения эффективности защиты от ОЗЗ актуальным и сегодня, многочисленные исследования также подтверждают это [1].

Одним из измеряемых параметров с целью реализации защиты от ОЗЗ является ток нулевой последовательности. В данном случае используется трансформатор тока нулевой последовательности (ТТНП). При этом уставка срабатывания (I_c) определяется разностью емкостного тока сети и поврежденной линии (1):

$$I_c = 3U_\phi \omega (C_\Sigma - C_n), \quad (1)$$

В формуле 1 U_ϕ – фазное напряжение сети, ω – циклическая частота (для 50 Гц $\omega = 314$ рад/сек.), C_Σ – емкость линий электрической сети, на которых нет ОЗЗ, C_n – емкость линии с ОЗЗ.

Исходя из анализируемой формулы, можем сделать вывод, что точность работы токовой защиты от ОЗЗ напрямую зависит от точности заданных емкостей линий сети. Как показывает практика, воздушные линии электропередач (ВЛЭП) подвержены различным внешним факторам, одним из которых является климат, включающий воздействие перепадов температуры и осадков, что делает емкость линии электрической сети динамическим параметром. Рассмотрим такие факторы как обледенение и трибоэлектрический эффект.

Обледенение проводов. При данном явлении провод покрывается корочкой льда, что можно рассматривать как появление емкостного делителя напряжения, если принять, что образовавшаяся вокруг провода

корочка льда имеет цилиндрическую форму, то погонная емкость провода относительно земли будет рассчитываться по формуле 2.

$$C = \frac{C_{ГМ} C'}{C_{ГМ} + C'}, \quad (2)$$

В формуле 2 $C_{ГМ}$ – емкость слоя наледи на проводе, C' – емкость между образовавшейся на проводе фазы наледью и поверхностью земли, C – погонная емкость провода, при условии пренебрежения разностью между расстояниями провода и наледи до поверхности земли. Следовательно, игнорирование изменения емкости линии, вызванной гололедообразованием, при расчете уставки по формуле 1, приведет к появлению погрешности (ERR_C) в вычислениях – формула 3.

$$ERR_C = \frac{C'}{C_{ГМ} + C'}, \quad (3)$$

Трибоэлектрический эффект. Данный эффект объясняет накопление объемного заряда в воздушном пространстве вокруг провода ВЛЭП – интенсивное трение частиц льда и снега, вызванное осадками и сильным ветром вблизи поверхности земли, создает электрические поля большой силы, а вблизи предметов, получивших таким образом заряд можно наблюдать эффект «короны». Наибольшую опасность данный эффект представляет для ВЛЭП класса напряжения 6 – 10 кВ, из-за относительно малой высоты подвеса проводов (не более 10 м). В данном случае линия окажется в дисперсной среде «воздух-снежная пыль», где, под влиянием сильных ветровых потоков, вокруг проводов могут образовываться взвихривания снежной пыли, при этом частички снега, сталкиваясь с проводом, будут отдавать ему свой заряд, в результате чего могут возникнуть разряды и токи утечек, накапливающийся в воздухе объемный заряд может достигать 10^{-8} Кл/м³.

В исследовании [2] показано, что при пренебрежении гололедообразованием погрешность определения емкости линии может равняться 38%, при наличии объемного заряда, значение данной величины доходит до 74%.

Таким образом, можем сделать вывод, что простое исполнение токовой защиты не является эффективным способом защиты от ОЗЗ, при этом для повышения ее эффективности возможно применение механизма адаптивного изменения уставки по току, которое будет опираться на данные периодических измерений емкости линий электрической сети [1, 2].

Источники

1. Мирошник, В. Ю. Методы и алгоритмы для определения места однофазного замыкания на землю в сетях 6-35 кВ с использованием параметров аварийного режима / В. Ю. Мирошник, Д. В. Батулько, А. А. Ляшков // Омский научный вестник. – 2017. – № 1(151). – С. 62-66.

2. Долгих, Н. Н. Идентификация однофазных замыканий на землю в сетях 6-35 кВ на основе вейвлет-преобразования / Н. Н. Долгих, Д. С. Осипов, А. О. Парамзин // Вестник Югорского государственного университета. – 2023. – № 1(68). – С. 139-146.

УДК 621.316.925:1

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТЫ ОТ ОЗЗ

Мударисов Радик Рафаилович

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Губаев Дамир Фатыхович

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

radikmudar@gmail.com

В данной работе рассмотрена возможность привития адаптивности релейной защите посредством использования нейронных сетей. Предполагается, что данное решение позволит повысить чувствительность и селективность защит от однофазных замыканий на землю.

Ключевые слова: однофазные замыкания на землю, электрические сети 6-35 кВ, нейронные сети.

THE USE OF NEURAL NETWORKS TO INCREASE THE EFFECTIVENESS OF PROTECTION AGAINST SEF

Mudarisov Radik R.

Scientific advisor Gubaev Damir F.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

radikmudar@gmail.com

In this paper, the possibility of instilling adaptability of relay protection through the use of neural networks is considered. It is assumed that this solution will increase the sensitivity and selectivity of protections against single-phase earth faults.

Keywords: single-phase earth faults, 6-35 kV electrical networks, neural networks.

Однофазные замыкания на землю (ОЗЗ) являются наиболее распространенным типом повреждения в электрических сетях класса напряжения 6-35 кВ. Данный факт обусловлен относительно малой величиной тока утечки (до 20-30 А), что делает крайне трудным поиск места повреждения, также данный факт не позволяет классифицировать ОЗЗ как короткое замыкание.

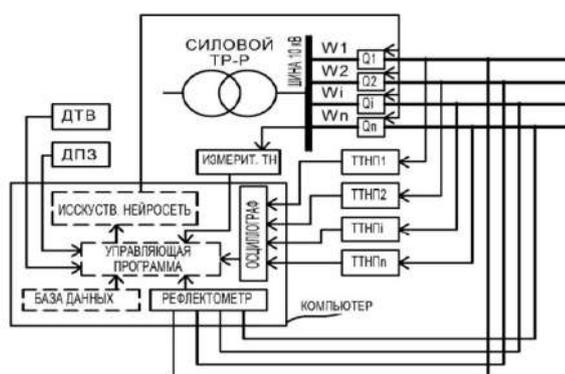
Как показывает практика, использование классической токовой защиты с ее «простым» принципом поведения не является эффективным средством, однако подобную систему защиты можно сделать адаптивной, наладив регулярное автоматическое измерение емкости отходящих воздушных линий электропередач (ВЛЭП). Однако большего эффекта можно добиться использованием нейронной сети, которая будет выполнять функцию обрабатывающего субагента.

В данном случае нейронная сеть выступает инструментом, целью которого является организация срабатывания защиты по интегральному критерию, который подразумевает собой анализ совокупности различных показателей, в том числе и косвенных, для принятия наиболее взвешенного решения и оказания наиболее корректного воздействия на систему. Также данный инструмент способен наделить систему защиты свойствами интеллектуального агента – самообучением, самоанализом. Данный факт вне зависимости от широкого разнообразия построения позволяет рассматривать нейронную сеть как аппарат обработки информации, при этом данное суждение верно, как для наиболее простейших (персептронных) нейронных сетей, так и для сетей с более сложной конфигурацией.

Для интегральной оценки состояния ВЛЭП, отходящих от определенной ячейки на понижающей подстанции (ПС) входными данными для обработки нейронной сетью могут быть: осциллографируемые токи нулевой последовательности, на каждом фидере в виде отношения данных токов к эталонным токовым уставкам, определенным до возникновения аварии в сети; выходные данные преобразования Фурье/вейвлет-анализа, регистрируемых токов нулевой последовательности (что является косвенным доказательством наличия ОЗЗ на той или иной линии); разность рефлектограмм каждой отходящей линии, которая определяется вычитанием из рефлектограммы доаварийного режима рефлектограммы текущего режима.

При этом анализ нейронной сети на предмет интегральной оценки каждой отходящей линии и определения необходимого управляющего воздействия (отключить, не отключать, сигнализировать о неустойчивом ОЗЗ) происходит только при регистрации напряжения нулевой последовательности измерительным трансформатором. Данный факт делает необходимым для корректной работы системы защиты тренированность нейронной сети, основой которой служат примеры, включающие информацию как минимум двух типов входных данных и соответствующей реакции на данную информацию. Для подобного обучения возможно использовать цифровую тень (упрощенный цифровой двойник) – компьютерная модель электроэнергетической системы, параметры которой обновляются исходя из изменения настоящей системы, и необходимую для предсказания изменений параметров сети именно при ОЗЗ в виде соответствующей реакции на соответствующие типы входных данных.

Нейронная сеть может быть эмулирована программным способом, в данном случае подготовка обучающих примеров и переобучение нейросети, процедуры по ее воплощению, приближение цифровой сети к реальной сети реализуется единым программным комплексом. Компьютер в таком случае осуществляет управление актуаторами (коммутации в электрической сети) и в тоже время способен обрабатывать показания с измерительного оборудования (измерительного трансформатора напряжения, тока нулевой последовательности (ТТНП), рефлектометра и пр.). Данная аппаратная структура изображена на рисунке [1,2].



Структурная схема нейрокомпьютерной защиты от ОЗЗ, где W – ВЛЭП, Q – силовые выключатели, ДТВ/ДПЗ – датчики температуры воздуха и проводимости земли

Рассмотренная интеллектуальная защита от ОЗЗ имеет хорошую перспективу развития, так как лежащая в ее основе нейронная сеть имеет

способность к самообучению и переобучению в соответствии с изменениями в электрической сети.

Источники

1. Кугучева Д.К. Исследование распределения токов нулевой последовательности при однофазных замыканиях на землю в радиальной электросети с изолированной нейтралью // Вестник молодежной науки. 2020. №4 (26).

2. Шилин А. Н., Дикарев П. В., Дементьев С. С. Интеллектуальная система релейной защиты воздушных линий в электрических сетях с малыми токами замыкания на землю // Глобальная ядерная безопасность. 2022. №4 (45).

УДК 621.316.925.1

ПРОТОКОЛЫ СИНХРОНИЗАЦИИ ВРЕМЕНИ НА ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИИ

Радивоевич Александр Вукоманович
Науч. рук. к. ф.-м. н., доц. Мустафин Рамиль Гамилович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
radivoevich1999@mail.ru

В тезисе рассмотрены протоколы синхронизации времени на цифровой подстанции. Проведено сравнение протоколов, описаны их достоинства и недостатки. Сделан вывод об использовании протоколов синхронизации времени для шины процесса и шины станции цифровой подстанции.

Ключевые слова: цифровая подстанция, синхронизация времени, протоколы синхронизации.

TIME SYNCHRONIZATION PROTOCOLS AT A DIGITAL SUBSTATION

Radivoevich Aleksandr V.
Scientific advisor Mustafin Ramil G.
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
radivoevich1999@mail.ru

The article proposes to compare time synchronization protocols at a digital substation. The advantages and disadvantages of time synchronization protocols are given. The

conclusion is made about the use of time synchronization protocols for the process bus and the station bus of a digital substation.

Keywords: digital substation, time synchronization, time synchronization protocols.

В современной электроэнергетике все активнее внедряются технологии цифровой подстанции. В основе технологии построения ЦПС лежит международный стандарт МЭК 61850, который детально описывает реализацию таких подстанций [1].

Синхронизация времени на подстанции необходима для обеспечения точности измерения и корректной работы системы мониторинга переходных процессов (СМПП), шины процесса и шины станции ЦПС [2]. СМПП и шина процесса ЦПС требуют точности времени в 1 мкс. Для шины станции ЦПС эта величина составляет 1 мс.

На цифровой подстанции существуют два метода синхронизации часов: прямая временная синхронизация и временная синхронизация по локальной вычислительной сети (ЛВС).

Прямая синхронизация производится специальными тайминговыми сигналами, передаваемыми по специальным выделенным каналам (ВОЛС и коаксиальный кабель, витая пара). Протоколами прямой синхронизации являются GPS, IRIG-B, 1PPS.

Протокол GPS может использоваться как для прямой синхронизации времени, так и в роли источника точного времени для других протоколов. Достоинством является высокая точность синхронизации (10 нс). Недостаток заключается в необходимости GPS-антенны, сигнал от которой может быть нестабильным.

В протоколе IRIG-B представляется информация о времени и дате вместе с импульсами синхронизации. Точность синхронизации данного протокола находится в диапазоне микросекунд (100 мкс), однако устройства-клиенты не могут обеспечить точность больше 1-2 мс. Достоинствами протокола являются наличие формата времени. Недостатки: требуются выделенные каналы связи, необходимо учитывать нагрузку на сеть распространения импульсов синхронизации, обеспечить защиту от помех и гальваническую развязку цепей.

1PPS представляет собой точный синхроимпульс без информации о времени и дате, сбрасывающий каждую секунду погрешность синхронизируемых часов [3]. Достоинствами данного протокола является высокая точность синхронизации (1 мкс), простота, независимость от сети Ethernet, в которой распространяются данные. Недостатком является необходимость в выделенном канале связи, отсутствие метки времени,

невозможность автоматической компенсации временной задержки, возникающей в длинных линиях связи.

Синхронизация по ЛВС предполагает передачу всех синхроимпульсов по сети Ethernet. Протоколами синхронизации по ЛВС являются NTP (SNTP) и PTP.

В протоколе NTP передаются временные сигналы в сети Ethernet совместно с другими сигналами (MMS, GOOSE, SV[4]). К достоинствам данного протокола можно отнести сокращение затрат на кабельную инфраструктуру, наличие формата времени. Недостатками являются: зависимость от объема сетевого трафика, недостаточная точность синхронизации (1 мс), что не удовлетворяет требованию шины процесса (1 мкс).

Достоинствами протокола PTPv2 являются: независимость точности от объема сетевого трафика, высокая точность синхронизации (1 мкс), использование ЛВС снижает затраты на кабельную инфраструктуру (не требуются отдельные каналы связи), наличие формата времени, возможность использования с MMS, GOOSE, SV, автоматическое определение самого точного источника времени для синхронизации. Однако для работы по данному протоколу требуются дорогие коммутаторы и оборудование с поддержкой PTPv2.

Таким образом, протокол PTPv2 и 1PPS могут обеспечить необходимую точность времени для СМПП и шины процесса ЦПС, что описано в МЭК 61869-9. Однако, в корпоративном профиле «ФСК ЕЭС» говорится о том, что предпочтение следует отдавать протоколу PTPv2 по сети Ethernet в целях унификации информационных систем на подстанциях. Протокол NTP может обеспечить точность шины станции ЦПС, поэтому на уровне процесса достаточно использовать протокол PTP, а на уровне станции NTP.

Источники

1. Гранская А.А., Губаев Д.Ф., Мустафин Р.Г., Гранский Г.А. Применение системы векторных измерений на ЦПС // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике: материалы XVII Всероссийской открытой молодежной научно-практической конференции Казань, 2022. С. 15-18.

2. Митрофанов С.Е., Хусаинова Р.Т. Исследование реализации цифровой подстанции на базе центрального сервера релейной защиты и автоматики // Тинчуринские чтения – 2020 «Энергетика и цифровая

трансформация». Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3 томах. Казань, 2021. С. 457-460.

3. Туркина А.А. Анализ существующих протоколов синхронизации времени на цифровых подстанциях // Молодые исследователи – регионам. Материалы международной научной конференции. В 3-х томах. Вологда, 2022. С. 82-83.

4. Гиниятов С.А., Мустафин Р.Г. Применение протокола Sampled Values в системах РЗА цифровой подстанции // Тинчуринские чтения – 2021 «Энергетика и цифровая трансформация». Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3 томах. Казань, 2021. С. 324-327.

УДК 621.311

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА НА ЦИФРОВЫХ ПОДСТАНЦИЯХ

Салихов Азамат Русланович

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Хакимзянов Эльмир Фердинатович

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

0828a@mail.ru

В данной работе рассмотрено применение новых технологий в релейной защите цифровых подстанций. Рассмотрены преимущества внедрения технологии синхронизированных векторных измерений.

Ключевые слова: цифровая подстанция, релейная защита, надежность, эффективность, технологии синхронизированных векторных измерений.

RELAY PROTECTION AT DIGITAL SUBSTATIONS

Salikhov Azamat R.

Scientific advisor Khakimzyanov Elmir F.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

0828a@mail.ru

In this paper, the application of new technologies in the relay protection of digital substations is considered. The advantages of the introduction of synchronized vector measurement technology are considered.

Keywords: digital substation, relay protection, reliability, efficiency, synchronized vector measurement technologies.

Внедрение цифровых технологий в сферу электроэнергетики представляет собой закономерный этап ее развития. Особенно важным этапом цифровизации считается внедрение на подстанциях (ПС) технологий синхронизированных векторных измерений (СВИ) и технологий цифровой подстанции (ЦПС). Внедрение технологий СВИ обусловлено возможностью упрощения требований, предъявляемым данным: передача данных о 6 СВИ тока и напряжения позволит произвести расчет десятков параметров на любом уровне управления и защиты. По данным о СВИ отдельных присоединений возникает возможность проведения оценки параметров схем замещения электроэнергетической системы. Внедрение данных технологий делает возможным более эффективного построения схем релейной защиты и автоматики (РЗА) для электрических схем и подстанций.

Актуальность развития и интеграции в работу электроэнергетической системы рассматриваемых технологий имеет следующее обоснование:

- создание цифровых подстанций и использование на них для реализации релейной защиты и автоматики технологий СВИ на разных уровнях управления, позволит повысить уровень резервирования РЗА, надежность которой сохранится и в случае выхода из строя коммуникационных систем ПС;

- горизонтальные связи между устройствами релейной защиты и автоматики позволяют обеспечить очень высокий уровень селективности за счет высокой скорости обмена аналоговой и дискретной информацией;

- использование измерительных устройств (тока и напряжения) с более высокой точностью измерения, за счет минимизации погрешностей, связанных с перенасыщением, феррорезонансом, остаточной намагниченностью;

- повышение чувствительности токовых защит, вызванное интегрированием технологий СВИ в работу РЗА;

- современная микропроцессорная техника имеет гораздо больше возможностей и позволяет использовать более сложные и эффективные алгоритмы построения систем РЗА подстанции.

Использование СВИ в релейной защите и автоматике сетей среднего напряжения позволит не ограничиваться токовыми ступенчатыми защитами, но также использовать дифференциальные и дистанционные защиты. Реализация защит, основанных на дистанционных и токовых принципах с применением СВИ позволяет достичь абсолютной

селективности. Дополнительные критерии распознавания повреждений, основанные на данных синхровекторов способствуют повышению уровня чувствительности и быстродействия РЗА.

Наличие встроенных часов реального времени и программируемой логики устройств релейной защиты и автоматики не отменяет факта выполнения операций данными устройствами без привязки по времени. Опираясь на данные факты дальнейшее развитие РЗА можно увидеть в применении временной логики, суть которой заключается в связывании последовательностей явлений с временным промежутком, данная технология позволит повысить эффективность РЗА при ее применении в реализации оперативных блокировок, рассматриваемая технология уже используется для регулирования напряжения в электроэнергетических системах.

Данные о шести синхровекторах позволяют рассчитать более пятидесяти параметров сети на любом уровне управления и защиты, использование еще дополнительных шести синхровекторов увеличивает количество рассчитываемых параметров до двухсот. Применение эквивалентных синхровекторов позволят вести расчеты по симметричным составляющим, учитывающие воздействие высших гармоник. Данные СВИ позволяют оценивать параметры схем замещений, эквивалентной электроэнергетической системы, а также распознавать режимы работы, в том числе связанные с пуском и самозапуском электродвигателей.

Рассматриваемые в данной работе технологии цифровой подстанции и синхронных векторных измерений может послужить фундаментом для развития более совершенных систем многоуровневой релейной защиты и автоматики, реализуемой на подстанциях и электрических сетях. Это позволяет использовать защиты с абсолютной селективностью, основанные на известных или новых принципах защиты. Эффективность работы подобных систем защиты будет зависеть от точности измерения синхровекторов тока и напряжения, а также скорости обработки измеренных данных в преобразователях аналоговых сигналов, коммутационной аппаратуре, локальных приборах релейной защиты и автоматики. Это позволяет избежать необходимости вычислять синхровекторы в каждом устройстве-подписчике, что снижает требуемый уровень вычислительной мощности централизованных устройств РЗА [1, 2].

Технологии СВИ открывают широкие возможности для повышения эффективности работы релейной защиты и автоматики понизительных подстанций.

Источники

1. Повышение эффективности и надежности РЗА цифровых подстанций и цифровых РЭС / А. В. Мокеев, С. А. Пискунов, Д. Н. Ульянов, Е. И. Хромцов // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2020. – Т. 12, № 3(47). – С. 92-100.

2. Цифровые трансформаторные подстанции - основа «цифровой трансформации» электроэнергетики / Ю. М. Павлова, Л. С. Араратьян, Е. П. Алисова, М. Ю. Киселев // Энергоресурсосбережение в промышленности: Материалы Международной научно-практической конференции, Тверь, 04–05 марта 2021 года / Под редакцией А.Н. Макарова. Том Выпуск 9. – Тверь: Тверской государственный технический университет, 2021. – С. 84-90.

УДК 621.316.925.1

АДАПТИВНАЯ ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ГЕНЕРАТОРА

Селиванов Павел Романович

Науч. рук. к.ф.-м.н., доцент Гавриленко Андрей Николаевич

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

selivan2000@mail.ru

Тепловая защита генератора с прогнозированием на основе скорости изменения тока может существенно повысить надежность работы генератора, а также продлить его срок эксплуатации. В статье описываются теоретические основы предложенного метода. Этот метод может быть использован в различных областях, включая промышленность и энергетику, и может обеспечить значительную экономию средств на обслуживание и ремонт генераторного оборудования.

Ключевые слова: тепловая защита генератора, адаптивная защита, предсказание по скорости изменения тока.

THERMAL PROTECTION OF THE GENERATOR WITH PREDICTION OF THE RATE OF CHANGE OF THE STATOR CURRENT

Selivanov Pavel R.

Scientific advisor Gavrilenko Andrei N.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

selivan2000@mail.ru

Predicting the thermal protection of the generator based on the rate of current change can significantly increase the reliability of the generator, as well as extend its service life. The article describes the theoretical foundations of the proposed method. This method can be used in various fields, including industry and energy, and can provide significant cost savings for maintenance and repair of generator equipment.

Keywords: thermal protection of the generator, prediction by the rate of current change.

Тепловая защита генератора является одним из ключевых элементов, обеспечивающих надежную и безопасную работу оборудования [1]. Особенно важно, чтобы защита реагировала на любые изменения в работе генератора, чтобы предотвратить возможные аварийные ситуации [2]. Одним из способов улучшения работы системы тепловой защиты является реагирование на скорость изменения тока.

Скорость изменения тока является важным показателем, который может указывать на возможный перегрев генератора [3]. При значительном изменении тока в короткий период времени, а также при медленном повышении тока в течение длительного времени, возможно превышение допустимых температур и возникновение перегрева [4] в следующие моменты времени.

Способом улучшения работы системы тепловой защиты может быть использование специальных датчиков, способных измерять скорость изменения тока и передавать эту информацию в систему управления защитой. Это позволит быстро обнаруживать любые аномалии в работе генератора и активировать соответствующие меры по предотвращению перегрева.

Принцип работы этой системы основан на измерении тока статора и определении его скорости изменения. Полученная информация используется для расчета мощности потерь, которая в свою очередь применяется в уравнении теплового баланса для прогнозирования нагрева обмоток. Она работает следующим образом:

- 1) Датчик тока статора установлен на генераторе и измеряет текущий ток статора.

- 2) Сигнал тока обрабатывается микропроцессором или логическим контроллером, который определяет скорость изменения тока, а также время, в течение которого возрастает ток статора.

- 3) Если скорость изменения тока за определенный период времени превышает заданный порог, это указывает на возможное короткое замыкание или другую неисправность, вызывающую перегрев генератора.

4) Микропроцессор или логический контроллер активирует систему тепловой защиты, включая входы в блок управления генератором.

5) Блок управления генератором отключает генераторный выключатель.

6) После отключения генераторного выключателя тепловая защита продолжает контролировать температуру, чтобы предотвратить повторное включение до тех пор, пока генератор не остынет до безопасной температуры. Если температура генератора продолжает снижаться, система тепловой защиты позволяет включиться выключателю автоматически или вручную после определенного периода времени.

7) Цикл продолжается до тех пор, пока не будет устранена проблема, вызвавшая перегрев, или система не будет отключена вручную.

Одним из ключевых преимуществ этой системы является ее способность быстро реагировать на изменения тока, что позволяет своевременно предпринять меры по предотвращению перегрева. Это особенно важно в условиях высокой нагрузки на генератор, когда вероятность перегрева возрастает. Тем не менее, использование этой системы требует внимательного подхода к настройке параметров и контролю за работой генератора.

В целом, система работы тепловой защиты с предсказанием по скорости изменения тока статора представляет собой надежный и эффективный способ обеспечения безопасности и надежности работы турбогенератора. Ее использование позволяет продлить срок службы оборудования и снизить вероятность возникновения аварийных ситуаций.

Источники

1. Писковацкий Ю.В. Способ обнаружения устойчивых повреждений воздушных линий электропередачи напряжением 110-220 кВ в цикле автоматического повторного включения // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики, 2011. №5-6. С. 96-103

2. Гатауллин А.М. Разработка экспресс-метода оценки состояния изоляции силовых кабелей // Актуальные проблемы электроэнергетики, декабрь 2019, С. 173-178.

3. Таджибекова И.Э. Экспериментальное исследование серийно-выпускаемых устройств защита и защиты на тепловых аналогах // Вестник Прикаспия, 2017. №2. С. 21-24.

4. Ткаченко С.Н., Коваленко А.В., Киселёв В.А. Совершенствование тепловой защиты низковольтных асинхронных машин с короткозамкнутым ротором // Инновационные перспективы Донбасса, 2018, С.80-86.

УДК 621.315.175

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ГОЛОЛЁДООБРАЗОВАНИЯ НА ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Ситдигов Камиль Айратович

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Хакимзянов Эльмир Фердинатович

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

kamil.sitdikov.97@bk.ru

В данной статье рассмотрены два актуальных метода, которые имеют свои преимущества и недостатки. Но при совместном использовании этих двух методов мы можем добиться взаимной компенсации их недостатков. Первый метод — это АИСКГ. Он устанавливается на опорах и контролирует линию точно, только в тех местах, где он установлен. Второй метод — это локационное зондирование. Он располагается на подстанции и контролирует всю линию целиком.

Ключевые слова: гололедные отложения, локационный метод, автоматизированная система контроля гололедной нагрузки.

COMPARISON OF ICE FORMATION CONTROL METHODS ON POWER LINES

Sitdikov Kamil A.

Scientific advisor Khakimzyanov Elmir F.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

kamil.sitdikov.97@bk.ru

This article discusses two relevant methods that have their advantages and disadvantages. But by using these two methods together, we can achieve mutual compensation for their shortcomings. The first method is AISKG. It is installed on supports and controls the line point-by-point, only in those places where it is installed. The second method is location sensing. It is located at the substation and controls the entire line.

Keywords: icy deposits, location method, automated ice load monitoring system.

Гололедные аварии на линиях электропередачи являются важной проблемой для стран и регионов с пониженной температурой и повышенной влажностью. Такие аварии имеют массовый характер и приносят большой ущерб энергетическим компаниям. Они являются трудно устранимыми из-за сложных погодных условий, зимнего бездорожья, мерзлого грунта и разбросанности поврежденных участков. Возникновение обледенения зависит от климатических и орографических условий [1].

Существуют различные методы обнаружения гололеда на воздушных линиях (ВЛ) электропередачи. Рассмотрим два наиболее эффективных метода.

Первый метод является локальным и носит название АИСКГ (автоматизированная информационная система контроля гололёдообразования). Он является наиболее современным. Его принцип заключается в постоянном контроле гололедной нагрузки в одной точке, а именно между одним пролетом ВЛ при помощи различных типов датчиков и систем видеонаблюдения. Система АИСКГ подразделяется на две составляющие: пункты контроля (ПК) и пункты приема (ПП).

Пункты контроля устанавливаются на любых типах опор и включают в себя: датчики нагрузки гололеда на проводах ВЛ (тензометрические датчики), датчики температуры провода ВЛ, датчики вскрытия шкафа ПК, а также метеопосты. Также в ПК входит система видеонаблюдения для визуального осмотра пролетов опор ВЛ. Питание ПК осуществляется при помощи солнечных панелей, устанавливаемых на опорах ВЛ. Данные пункты контроля устанавливаются в местах наиболее прогнозируемых к возникновению гололедных отложений.

Пункты приема (ПП) располагаются в помещении оператора системы. Связь между двумя пунктами осуществляется по каналам связи. В качестве каналов связи могут использоваться: радиоканалы в ультракоротковолновом диапазоне, канал сотовой связи (GSM), волоконно-оптический канал связи, каналы телемеханики.

К преимуществам АИСКГН относятся: точное определение опасной гололедной массы и автоматизированная система, т.е. информация об опасной гололедной массе автоматически придет в диспетчерский пункт.

К недостаткам относится: контроль только одного пролета опоры ВЛ в одной точке и отсутствие контроля соседних опор [2].

Второй же метод является интегральным, более обширным, который охватывает всю линию электропередачи и носит название локационный метод. Локационный метод заключается в подаче импульсного сигнала в

воздушную линию электропередачи и в определении суммарного времени, затраченного на его распространение вдоль провода в прямом и обратном направлении после отражения от конца линии или от высокочастотного заградителя. Локационный метод позволяет определить наличие гололеда на проводах и их количество за счет сравнения времени распространения сигнала (или амплитуд отраженных сигналов) при наличии гололеда или его отсутствии. Гололед за счет своих диэлектрических свойств ухудшает качество передаваемых сигналов.

Существуют два параметра, по изменению которых можно судить о наличии гололеда на воздушных линиях. Это – снижение скорости сигнала и уменьшение амплитуды сигнала.

К преимуществам относится простота реализации данного метода. Всё оборудование может располагаться на подстанции, не нужно вносить какие-либо изменения в конструкцию воздушных линий, и нет необходимости протягивать линия связи по проводам и устанавливать дополнительные устройства на воздушные линии.

Недостатками данного метода являются: невозможность определить массу гололеда на проводах и отсутствие автоматизированной системы обнаружения гололеда [3].

Тем самым мы получаем два метода, которые взаимно компенсируют недостатки друг друга, за счет чего повышается их эффективность. Преимуществом совместного использования этих двух методов является постоянный локальный контроль в одной точке и при необходимости интегральный контроль всей линии. Недостатком данных методов является невозможность определения опасной массы гололеда на проводах в тех местах, которые не входят в зону действия контроля АИСКГ.

Исходя из данного недостатка напрашивается вывод о том, что в дополнение к этим двум методам мы можем добавить еще одно современное решение в виде метода видеонаблюдения. Он может дополнительно осуществлять визуальный контроль тех мест, которые остаются вне зоны контроля системы АИСКГ.

Источники

1. Минуллин Р.Г., Губаев Д.Ф. Обнаружение гололедных образований на линиях электропередачи локационным зондированием. Казань: КГЭУ, 2010 г. –208 с.

2. Минуллин Р.Г., Касимов В.А, Филимонова Т.К., Яруллин М.Р. Локационное обнаружение гололеда на воздушных линиях электропередачи. Часть 1. Способы обнаружения гололеда. Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление, № 2, 2014 г. – 61-73 с.

3. Минуллин Р.Г. Локационный мониторинг гололеда и повреждений на линиях электропередачи: монография/Р.Г. Минуллин. Казань: КГЭУ, 2022 г. – 439 с.

УДК 621.316.925.1

РЕТРОФИТ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И СИГНАЛИЗАЦИИ НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ В КРУ 6КВ СПК ГЭС

Юдин Павел Владимирович

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Струмеляк Анатолий Владимирович

ФГБОУ ВО «ИрННТУ», г. Иркутск, Россия

Zloazazin@yandex.ru

Поиск новых решений по переходу релейных защит из электромеханических на микропроцессорные/микроконтроллерные с каждым годом актуализируются для увеличения надежности электростанций. В статье предложен переход электромеханических реле на более современные и прогрессирующие защиты в рамках программы «РЕТРОФИТ». Предложенный вариант рассматривается для масляного выключателя в КРУ-6 кВ на Усть-Илимской ГЭС.

Ключевые слова: ретрофит, релейная защита и автоматика, надежность, переход, микроконтроллер, КРУ-6 кВ.

RETROFIT OF RELAY PROTECTION AND SIGNALING ON THE MICROCONTROLLER IN THE SWITCHGEART 6KV ON THE HPP

Yudin Pavel V.

Scientific advisor Strumelyak Anatoly V.

Irkutsk national research Technical University, Irkutsk, Russia

Zloazazin@yandex.ru

The search for new solutions for upgrading relay protection from electromechanical to microprocessor/controller-based ones is becoming more relevant with each passing year in order to increase the reliability of power plants. The article proposes a transition from

electromechanical relays to more modern and progressive protections within the "RETROFIT" program. The proposed option is considered for an oil circuit breaker in the 6 kV switchgear at the Ust-Ilimskaya HPP.

Keywords: retrofit, relay protection and automation, reliability, transition, microcontroller, 6 kV switchgear.

В настоящее время в России наблюдается активная модернизация устаревших ячеек комплексно-распределительных устройств (КРУ), что является чрезвычайно важным направлением в развитии безопасности энергетики. Ряд отечественных компаний предлагают свои услуги по программе «РЕТРОФИТ», направленная на улучшение и повышение надежности электроэнергетических систем (ЭЭС) [1].

Согласно данным исследований, износ оборудования распределительных сетей в настоящее время превышает 70%, что подчеркивает необходимость модернизации. В рамках программы «РЕТРОФИТ» предусмотрено обновление системы релейной защиты на микропроцессорные или микроконтроллерные устройства, что позволяет повысить эффективность, безопасность и надежность работы электрооборудования [2].

Для более детального изучения перехода на современную базу реле был разработан макет с работающими элементами для нынешнего масляного выключателя в ячейке КРУ-6 кВ

Для программы «РЕТРОФИТ» используется элегазовый выключатель, а схему защиты и управления будет реализован на МК Simens. Собранный электрическая схема защиты и управления показана в виде принципиально-монтажной (рис. 1.). Для реализации функций защиты и управления ячейки КРУ, была составлена логика работы МК (рис. 2). После программирования МК были проведены ряд опытов, определяющих правильность работы управления к модернизированной ячейки [3, 4].

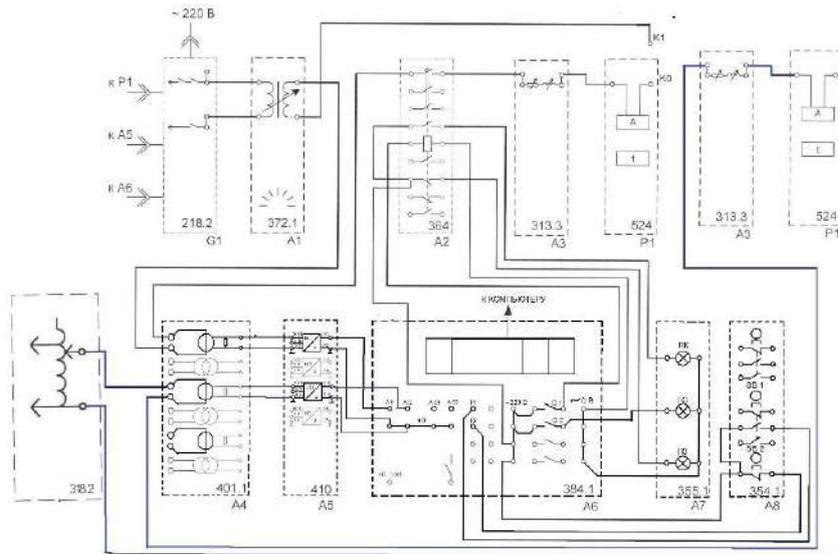


Рис. 1. Электрическая схема стенда РЗАСЭС1-С-К

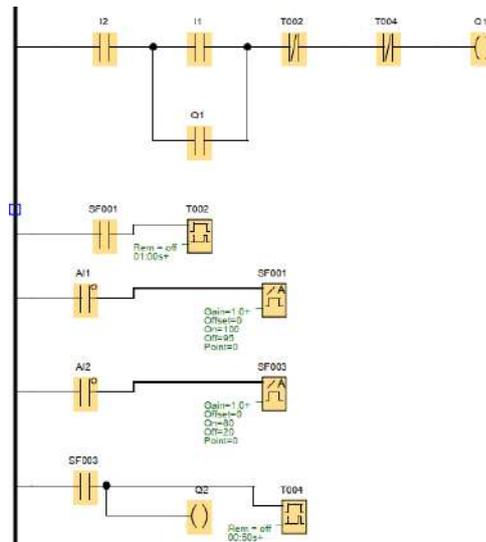


Рис. 2. Логическая схема защиты BC 3-1

Принцип действия логической схемы при коротком замыкании состоит в том, что формулируется определенная последовательность срабатывания элементов. Так вход аналогового датчика (AI1) подает сигнал на аналоговый пороговый выключатель (SF001), срабатывая замыкает свои контакты на выдержку времени (T002), размыкаются нормально-замкнутые контакты и питание подается на зеленую сигнальную лампу (HLG1), что значит выключатель отключен.

Для обеспечения АВР был подключен регулируемый автотрансформатор, который при уменьшении напряжения приводит в действие АВР. При определенной уставке с уменьшением напряжения,

формируется аналоговый вход AI2. Сигнал передается на SF002, замыкая его контакты на время T004. Нормально-замкнутые контакты размыкаются, питание подается на сигнальные лампы HLG1 и HLR2, что обозначает отключение выключателя при АВР.

По результатам исследований, можно сделать вывод, что для модернизации ячейки и увеличение надежности КРУ-6 кВ на Усть-Илимской ГЭС, можно обратиться к программе «РЕТРОФИТ», с помощью которой реализовать релейную защиту и автоматику высоковольтного выключателя на базе микроконтроллера «Siemens LOGO!».

А для оценки эффективности перехода к микроконтроллерной базе была также выполнена модернизация системы защиты и управления насосов откачки отсасывающих труб (НООТ), в результате которой успешно можно реализовать на микроконтроллере «Siemens LOGO!».

Источники

1. Технический каталог-2014 01, ред.1 (Ретрофит). Модернизация распределительных устройств на базе современных выключателей [Электронный ресурс]. https://new.abb.com/docs/librariesprovider55/default-document-library/medium_voltage_products_retrofit.pdf?sfvrsn=2 (дата обращения 29.01.24).
2. Дьяков А.Ф. Овчаренко Н.И. Микропроцессорная автоматика и релейная защита электроэнергетических систем. – 2008. – 325 с.
3. Болл С.Р. Аналоговые интерфейсы микроконтроллеров. – 2010. – 354 с.
4. Рюмика С.М. 1000 и одна микроконтроллерная схема. Выпуск 4. – 2017. – 336 с.

СЕКЦИЯ 8. ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 62-784.43

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СКРУББЕРА ВЕНТУРИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ ОТ АЭРОЗОЛЯ

Аксакова Зарина Фаритовна¹, Герюгова Алиса Артуровна²

Науч. рук. к-т биол. наук., доц. Бариева Энза Рафаиловна,

ст. преп. Серазеева Елена Владимировна

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹aksakovazarina@gmail.com, ²gerugasha@mail.ru

В статье рассмотрена технологическая схема и основные преимущества использования Скрубберы Вентури в системах очистки воздуха на производстве. Предоставлены принципы работы данного устройства. Предложено техническое решение по повышению эффективности очистки выбросов от аэрозоли внедрением мокрого пылеуловителя.

Ключевые слова: Скруббер Вентури, системы очистки воздуха, удаление частиц, загрязняющие вещества, очистка воздушных выбросов.

USING A VENTURI SCRUBBER TO CLEAN INDUSTRIAL EMISSIONS FROM AEROSOLS

Aksakova Zarina F.¹, Geryugova Alisa A.²

Scientific advisor Barieva Enza R., Serazeeva Elena V.

^{1,2} KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹aksakovazarina@gmail.com, ²gerugasha@mail.ru

The article discusses the technological scheme of the work process and the main advantages of using Venturi scrubbers in industrial air purification systems. The basic principles of operation of this device are described. A technical solution has also been proposed to improve the efficiency of cleaning emissions from aerosols.

Keywords: Venturi scrubber, air purification systems, particle removal, pollutants, cleaning of air emissions.

В процессе работы различных промышленных предприятий в атмосферный воздух попадает большое количество выбросов аэрозоля [1]. Для решения этой проблемы эффективно применяются различные технологии очистки газов, одной из которых является использование Скруббера Вентури. Рассмотрим подробнее принцип работы данного аппарата (см. рисунок).

Принцип работы Скруббера Вентури заключается в следующем. Загрязненный газ поступает через фланец во входную трубу, где ускоряется до высокой скорости [2]. Одновременно, сверху через специальные форсунки, в трубу подается вода. Благодаря возникающей турбулентности, капли воды в трубе разбиваются на еще более мелкие частицы. Это увеличивает площадь контакта воды с газом, то есть площадь, на которой происходит фильтрация загрязнений. Очищенный таким образом газ затем поступает в газоход, откуда выходит наружу с помощью вентилятора. Вода с загрязнениями затем отводится для дальнейшей обработки.

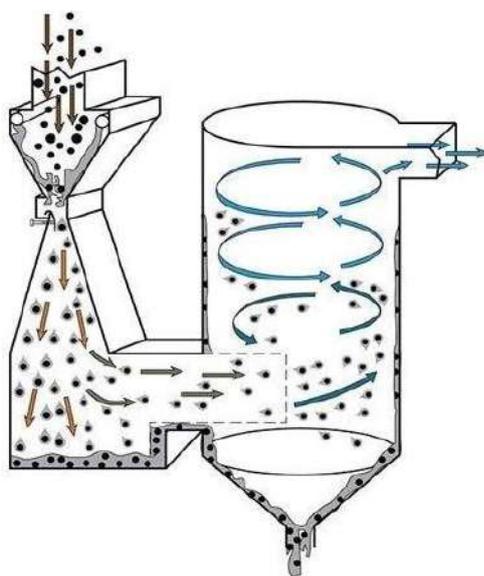


Схема работы Скруббера Вентури

Скруббер Вентури имеют ряд преимуществ по сравнению с другими аппаратами для очистки газов. Во-первых, он обеспечивает высокую степень очистки газовых выбросов благодаря интенсивному контакту газов со средством очистки. Они могут эффективно удалять различные загрязняющие вещества, включая кислотные газы, твердые частицы и дым.

Во-вторых, имеет простую конструкцию, что обеспечивает их надежную работу и минимальные затраты на обслуживание. Не требует сложной автоматизации и обладает высокой сопротивляемостью различным видам агрессивных веществ. В-третьих, позволяет снизить выброс в атмосферу вредных веществ, что делает их привлекательным вариантом с точки зрения соблюдения экологических стандартов и нормативов [3]. Учитывая эти преимущества, использование Скруббера Вентури может быть перспективным выбором для предприятий, стремящихся к высокой эффективности очистки газов и снижению негативного воздействия на окружающую среду.

Хотя Скруббер Вентури обладает рядом преимуществ, у него есть один существенный недостаток - быстрый износ стенок трубы из-за высокой скорости газа. Эта проблема может быть решена путем покрытия внутренней части горловины слоем карбида кремния, что значительно увеличит срок службы скруббера [4]. Также можно использовать сменную внутреннюю втулку из этого материала, что обеспечит постоянную эффективность скруббера в течение длительного времени.

В целом, скрубберы Вентури демонстрируют высокую эффективность в очистке производственных выбросов, обеспечивая надежное и эффективное решение для промышленных предприятий, стремящихся к соблюдению экологических норм и стандартов.

Источники

1.Калыгин В.Г. Промышленная экология. Защита окружающей среды. Учебное пособие. Издательский центр Москва 2016г.

2. Баранов Д.А. Процессы и аппараты химической технологии. Учебное пособие/ Санкт-Петербург: Лань, 2020 408с.

3.Процессы и аппараты химической технологии. Общий курс. В двух книгах. Книга 1/8-е издание., стер. – СПб.: издательство «Лань», 2019.

4.Техника и технология защиты воздушной среды : учебное пособие для вузов / В. В. Юшин, В.Л. Лапин, В. М. Попов. - Москва : Высш. шк., 2005. - 391 с.

КОМПЛЕКСНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В СФЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

Ахметова Дарья Ринатовна

Науч. рук. к-т. техн. наук, доцент Шакуров Рим Фатихович

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

dasha.akhmetova.01@bk.ru

Работа посвящена комплексной безопасности в сфере строительства. Проанализированы следующие уровни системы комплексной безопасности: строительства, строительного объекта, здания или сооружения.

Ключевые слова: источники опасности, техносфера, строительство, опасность, комплексная безопасность строительства.

COMPREHENSIVE SECURITY THE FIELD OF CONSTRUCTION

Akhmetova Darya R.

Scientific advisor Shakurov Rim F.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

dasha.akhmetova.01@bk.ru

The work is devoted to comprehensive security in the construction sector. The following levels of the integrated safety system are analyzed: construction, construction site, building or structure.

Keywords: sources of danger, technosphere, construction, danger, integrated construction safety.

В современных условиях обеспечение безопасности объектов производственной и хозяйственной деятельности нельзя рассматривать без учета совокупного действия различных опасностей, как внутренних, так и внешних.

В целом это представляет собой комплекс реализованных проектных решений, взаимодействие инженерно-технических систем, персонала, которые задействованы в предотвращении опасных ситуаций, обеспечении безопасности рабочего персонала при чрезвычайных ситуациях и в целом представляет комплексное обеспечение безопасности.

Среди обеспечения безопасности особое положение имеет строительная деятельность. Объекты повышенной опасности должны соответствовать предъявляемым требованиям. Однако, всегда необходимо учитывать, что реализация проекта любого строительного объекта связана с вмешательством в окружающую среду. Реализованный объект представляет собой сложную техногенную систему, которая является источником опасных воздействий на человека и внешнюю среду.

Проблемы в области повышения качества, надежности, энерго- и ресурсосбережения являются приоритетными в сфере строительства. При этом необходимо учитывать, что на объект действуют большое количество источников опасности со стороны внешней среды, такие как биологического, радиационного, химического характера; пожаровзрывоопасность; также опасные природные процессы и явления; объекты техносферы [1].

Таким образом, комплексная безопасность в сфере строительства является одним из критериев качества окружающей среды и должна быть соотнесена с такими системными категориями, как система, структура, организованность.

В строительной деятельности, система комплексной безопасности включает в себя три уровня: комплексная безопасность строительства, строительного объекта, здания или сооружения.

Комплексная безопасность строительства обеспечивает формирование безопасной и комфортной среды жизнедеятельности человека. Создаваемые объекты строительной деятельности обеспечивают безопасность внешней среды для объекта строительства. Также необходимо обеспечить требования нормативных актов и стандартов безопасности внутри объекта. Ошибки в строительной деятельности могут привести к чрезвычайным ситуациям. Однако, возможные воздействия природных сил невозможно учесть на стадиях строительства и эксплуатации объектов. Ввиду этого, необходимо учитывать все возможные риски. Таким образом, понятие «комплексная безопасность строительства» представляет собой формы и методы организации строительной деятельности, которая соответствует стандартам безопасности и направлена на минимизацию воздействий на окружающую среду, учету рисков, связанных с возникновением и ликвидацией последствий чрезвычайных ситуаций [2].

Комплексная безопасность строительного объекта тесно связана с

конкретной местностью, условиями работ, качеством проектно-конструкторских, организационно-технологических и управленческих решений [3].

Основные параметры системы комплексной безопасности закладываются на этапе проектирования, принятия решений, учитывающих особенности строительного объекта. Основой являются конкретные параметры безопасности, которые определяются соответствующими правилами и нормами.

Таким образом, комплекс предполагает необходимость учета различных видов обеспечения безопасности от вредных и опасных факторов в соответствии требований системой стандартов безопасности труда [4].

Жизненный цикл объекта включает этапы от проектирования до ликвидации. Еще на этапе проектирования закладывается «потенциал безопасности» объекта, его моральный и физический ресурс. То есть, ресурс представляет техническое состояние объекта на протяжении всего жизненного цикла или точнее, является одним из показателей надежности объекта, выраженное через время.

Подсистемами комплексной системы безопасности являются: системы мониторинга конструкций здания сооружения; оборудования; систем пожарной безопасности; оповещения; охранной сигнализации, освещения и др. и может быть сформулировано как состояние защищенности жизненно важных систем здания и находящихся в нем людей от негативных внешних и внутренних воздействий, в том числе при их комбинированном варианте сочетания.

Источники

1. Теличенко В.И. Концепция законодательного обеспечения безопасности среды жизнедеятельности: Труды общего собрания РААСН, 2006. В 2 т. - СПб., т. 1, с.236-241.

2. ГОСТ Р 22.0.05-94 Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения.

3. Федеральный закон «О техническом регулировании», N 184-ФЗ, от 18.12.2002 г.

4. Федеральный закон от 30 декабря 2009 года N 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВОДОЁМОВ ОТ АЗОТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Барейчев Рамиль Тимурович¹, Иванов Никита Алексеевич²

Науч. рук. к-т. биол. наук, доц. Бариева Энза Рафаиловна, ст. преп. Серазеева Елена
Владимировна

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹rbmane@icloud.com, ²nuviko@gmail.com

В статье рассматриваются различные способы очищения водоемов от азотных соединений, включающие в себя физические, химические и биологические методы, а также внимание к их эффективности и воздействию на окружающую среду.

Ключевые слова: очистка, азот, методы, концентрация, отходы, соединения, вода.

METHODS OF PURIFICATION OF RESERVOIRS FROM NITROGEN COMPOUNDS

Bareychev Ramil T.¹, Ivanov Nikita A.²

Scientific advisor Barieva Enza R., Serazeeva Elena V.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹rbmane@icloud.com, ²nuviko@gmail.com

The article discusses various methods of purification of reservoirs from nitrogen compounds, including physical, chemical and biological methods, and attention is paid to their effectiveness and environmental impact.

Keywords: purification, nitrogen, methods, purification, concentration, waste, compounds, water.

В водоёмы (гидросферу) с производственными сточными водами поступают такие загрязняющие вещества как азотистые соединения, которые неблагоприятно влияют на водные организмы, а также вызывая такую экологическую проблему как эвтрофикация.

Существуют различные методы переработки отработанных соединений азота, в том числе физические, химические и биологические.

Ниже приведены примерные схемы получения и переработки соединений азота [1].

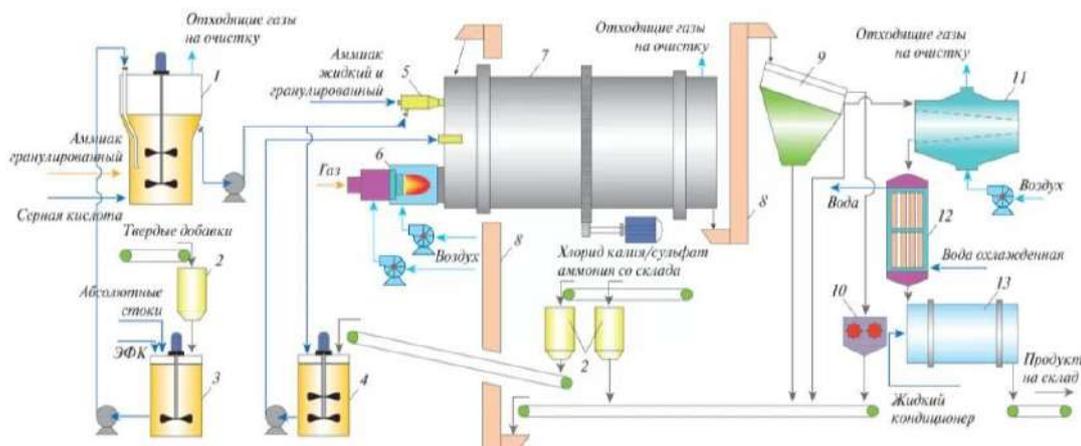


Схема производства и очистки азотных удобрений.

Физические методы очистки, такие как фильтрация, седиментация и флотация, позволяют избавиться от крупных частиц и примесей, находящихся в отходах.

Химические методы очистки основаны на применении химических реагентов, которые превращают вредные вещества в менее опасные или совершенно безвредные соединения. Эти методы включают нейтрализацию кислот и оснований, а также процессы осаждения и комплексообразования [2].

Биологические методы очистки основаны на использовании микроорганизмов, которые могут использовать азотные соединения в качестве источника питания. Такой подход позволяет разлагать азотные соединения на безвредные продукты, такие как азот, кислород и углекислый газ [3].

Выбор метода очистки зависит от типа отходов, их концентрации и требований к качеству очищенной воды. Важно, чтобы все методы очистки были экологически безопасными и не наносили вреда окружающей среде.

Проанализировав различные методы очистки, мы пришли к выводу, что самым безопасным и экономичным способом очистки водоемов от азотных соединений является биологический метод, который оказывает наименьшее влияние на окружающую среду.

Источники

1. Схема производства азотных удобрений [Электронный ресурс] URL: <https://zelengarden.ru/4-foto/shema-proizvodstva-azotnyh-udobrenij.html> (Дата обращения: 24.02.2024)
2. Способ очистки азотных удобрений в жидкой фазе [Электронный ресурс] URL: <https://patents.google.com/patent/RU2111936C1/ru> (Дата обращения: 24.02.2024)
3. Биологический метод удаления азота [Электронный ресурс] URL: https://studref.com/685422/ekologiya/biologicheskij_metod_udaleniya_azota (Дата обращения: 25.02.2024)

УДК 620.92

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ УСТАНОВКИ ОБЪЕКТОВ ВИЭ-ГЕНЕРАЦИИ

Богданова Анна Николаевна

Науч. рук. к-т. техн. наук, доцент Аверьянова Юлия Аркадьевна

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

bogdaannovaa@gmail.com

Настоящая статья посвящена изучению эффективного использования природных ресурсов для размещения объектов возобновляемой энергетики. Формулируется алгоритм эффективного использования природных ресурсов и разбирается задача по размещению объектов ВИЭ на конкретной территории.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, природные ресурсы, воздействие, плавучая солнечная электростанция.

EFFICIENT USE OF NATURAL RESOURCES FOR INSTALLATION OF RENEWABLE ENERGY GENERATION PLANTS

Bogdanova Anna N.

Scientific advisor Averyanova Yulia A.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

bogdaannovaa@gmail.com

This article is focused on the study of the efficient use of natural resources for the location of renewable energy facilities. The algorithm of efficient utilization of natural

resources is formed and the problem of placement of renewable energy facilities on a specific territory is analyzed.

Keywords: renewable energy, natural resources, impact, floating solar power plant.

В последние десятилетия мы стали свидетелями интенсивного развития сектора возобновляемой энергетики, которое выдвигает задачу разумного использования природных ресурсов для развертывания энергетических объектов. В этом контексте необходимо учитывать как позитивные стороны, такие как снижение выбросов парниковых газов и уменьшение зависимости от ископаемых источников энергии, так и негативные аспекты для окружающей среды [1].

Исследования показывают, что выбор места для размещения объектов возобновляемых источников энергии (ВИЭ) играет ключевую роль в минимизации негативного воздействия на окружающую среду и биоразнообразии [2]. Оценка потенциальных месторасположений должна учитывать экологическую чувствительность территории, наличие уязвимых экосистем и видов, а также социальные и экономические аспекты.

Алгоритм эффективного использования природных ресурсов для установки объектов возобновляемой энергетики может выглядеть следующим образом:

- 1 – проведение анализа климатических и географических особенностей региона;
- 2 – выявление территорий с высоким потенциалом для установки объектов ВИЭ, учет экологической чувствительности и биоразнообразия на выбранной местности;
- 3 – проведение технико-экономического анализа;
- 4 – формулирование стратегий управления, направленных на минимизацию негативного воздействия на окружающую среду, разработка мер по реабилитации природных экосистем;
- 5 – внедрение системы мониторинга и контроля за воздействием объектов ВИЭ на окружающую среду [3];
- 6 – итеративное улучшение стратегий развертывания и управления объектами ВИЭ на основе полученных данных и опыта эксплуатации.

Рассмотрим пример эффективного использования природных ресурсов для установки объектов ВИЭ-генерации. Задача – обеспечить китайский город Чжоучжуан возобновляемыми источниками энергии; годовые потребности которого – 500 000 кВт·ч [4].

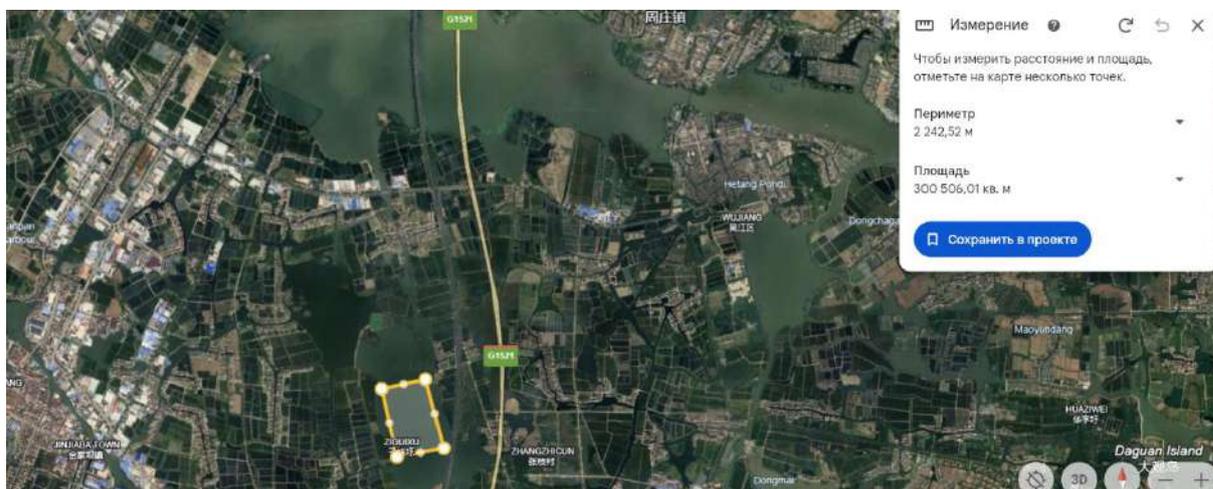
При выборе объектов ВИЭ-генерации и места их расположения важно учитывать, что Чжоучжуан располагает ограниченными земельными участками и обширными водными ресурсами. Месячная норма солнечной радиации составляет $6,45 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$. Наиболее эффективным решением для поставленной задачи станет установка плавучей солнечной электростанции. Вариант её размещения изображен на рисунке. Преимущества данного решения: максимальное использование ресурсов (водной поверхности, ранее не использовавшейся для получения энергии), эффективность производства (отсутствие затенения), сохранение водных ресурсов (снижение испарения), защита энергоустановки от вандализма.

Суммарная площадь СФЭУ составит:

$$S_{\text{СФЭУ}} = \frac{E}{\eta \cdot E_{\text{инс}}}, \text{ м}^2$$

где E – необходимая мощность для выработки СФЭУ; η – коэффициент полезного действия фотоэлектрической панели (26%); $E_{\text{инс}}$ – значение инсоляции за выбранный период, $\text{кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$).

$$S_{\text{СФЭУ}} = \frac{500000}{0,26 \cdot 6,45} = 298151 \text{ м}^2$$



Вариант размещения плавучей солнечной электростанции в Чжоучжуане

Эффективное использование природных ресурсов для установки объектов ВИЭ требует комплексного подхода, учитывающего потребности в энергии и важность сохранения окружающей среды и биоразнообразия.

Дальнейшая разработка инновационных подходов будет способствовать созданию экологически чистой энергетической инфраструктуры.

Источники

1. Ottmar Edenhofer, Ramon Madruga, Youba Sokona. Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation // Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 2012. P. 197-199.

2. Lovins A. B., Lovins L. H. The Hidden Economic Benefits of Making Electrical Resources the Right Size // RMI, Snowmass, CO. 2011. P. 69-72.

3. Олешкевич М. М. Нетрадиционные источники энергии: учебно-методическое пособие. Минск, 2007. С. 145.

4. BRICS SKILLS 2023: Renewable Energy. URL: <https://bricsfutureskills.co.za/brics-skills-challenge-2023/> (date of the application: 26.02.2024).

УДК 628.54

ТЕХНОЛОГИЯ СИНТЕЗА β -ПОЛУГИДРАТА СУЛЬФАТА КАЛЬЦИЯ ИЗ ФОСФОГИПСА

Васильева Алина Муниповна

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Николаева Лариса Андреевна

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

munipovna@list.ru

В данной статье представлена технология синтеза β -полугидрата сульфата кальция из фосфогипса. Синтез гипсовых вяжущих изделий на сегодняшний день относится к одним из широко используемых способов. Таким образом, открывается возможность применения полученного продукта в строительной промышленности.

Ключевые слова: синтез, фосфогипс, технология, отходы.

TECHNOLOGY FOR SYNTHESIS OF CALCIUM SULPHATE β -HEMIHYDRATE FROM PHOSPHOGYPSES

Vasileva Alina M.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

Scientific advisor Nikolaeva Larisa A.

munipovna@list.ru

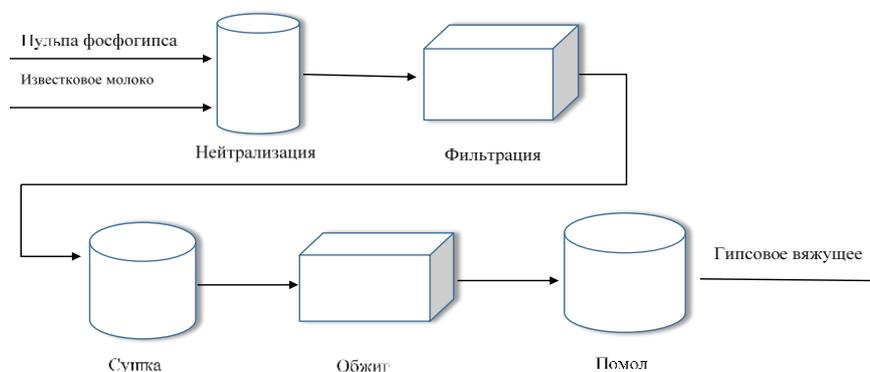
This article presents the technology of synthesis of calcium sulfate β -semihydrate from phosphogypsum. The synthesis of gypsum binders today belongs to one of the widely used methods. Thus, the possibility of using the resulting product in the construction industry opens up.

Keywords: synthesis, phosphogypsum, technology, waste.

На сегодняшний день одним из важных проблем промышленности является переработку твердых промышленных отходов. Одним из таких является – фосфогипс, который представляет собой повышенный интерес со стороны исследователей [1]. Фосфогипс – это гидрат сульфата кальция, который образуется в качестве побочного продукта производстве удобрений из фосфоритной породы. [2].

Наиболее передовым направлением утилизации фосфогипса можно отнести строительную отрасль, где он используется в качестве гипсовых вяжущих изделий [3].

Технология получения гипсовых вяжущих веществ на основе β -полугидрата сульфата кальция из фосфогипса начинается с процесса нейтрализации и заканчивается помолом фосфогипса, в следствии которого получают гипсовое вяжущее вещество.



Технология получения из фосфогипса гипсовых вяжущих веществ на основе β -полугидрата сульфата кальция из фосфогипса

При получении из фосфогипса гипсового вяжущего вещества вначале в автомиксере проводят процесс нейтрализации гашеной известью. Затем проводится фильтрация в карусельном вакуум – фильтре и фосфогипс перенаправляют в сушилку, где учитывается его

мелкодисперсная структура и повышенная влажность, так как указанное приводит к налипанию материала к стенкам бункеров. Далее следует операция обжига материала в гипсосварочных котлах. Завершающей операцией является – помол в молотковой дробилке, в результате которого получают гипсовое вещество [4].

Таким образом, вышеописанная технология переработки фосфогипса приводит к получению гипсовых вяжущих изделий, которые в дальнейшем используют в строительной промышленности.

Источники

1. Соседенко Т.Ю. Фосфогипс в качестве удобрения / Т.Ю. Соседенко, А.С. Пичугина, С.М. Васькин. - Текст: Непосредственный // Молодой ученый. –2020. –№47 (337).–С. 433–435.

2.Zakharova T. Health cancer risk assessment for arsenic exposure in potentially contaminated areas by fertilizer plants: Apossible regulatory approach applied to a case study in Moscow Region-Russia / Zakharova T., Tatàno F., Menshikov V. // Regulatory Toxicology and Pharmacology. –2002. – № 36. –С. 22–33.

3. Касимов А.М., Решта Е.Е. Комплексная переработка фосфогипса из отвалов и отходов текущего производства минеральных удобрений ОАО «Ровноазот» // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2013. –№ 4. –С. 123–127.

4. Воропаева З.И. Изменение свойств коркового солонца содового засоления при проведении однократной и повторной мелиорации фосфогипсом / Воропаева З.И., Троценко И.А., Парфенов А.И. // Почвоведение. –2011. –№ 3.–С. 346–357.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕФТЕЛОВУШЕК ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД

Володина Софья Николаевна¹, Мельникова Елизавета Андреевна²

Науч. рук. к-т. биол. наук, доцент Бариева Энза Рафаиловна,
ст. преп. Серазеева Елена Владимировна

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹sofi6volodina@gmail.com, ²elizaveta.melnikova.2004@list.ru

В статье рассматривается метод очистки промышленных сточных вод, загрязненных нефтепродуктами. Предложено техническое решение по повышению эффективности качества очистки путём внедрения нефтеловушки. Проанализированы основные принципы работы таких устройств, их перспективы в области обеспечения экологической безопасности в производственных процессах.

Ключевые слова: нефтеловушки, сточные воды, нефтепродукты, загрязнители, промышленность, очистка.

THE USE OF OIL TRAPS FOR INDUSTRIAL WASTEWATER TREATMENT

Volodina Sofya N.¹, Melnikova Elizabeth A.²

Scientific advisor Barieva Enza R., Serazeeva Elena V.

^{1,2}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹sofi6volodina@gmail.com, ²elizaveta.melnikova.2004@list.ru

The article discusses the method of purification of industrial wastewater contaminated with petroleum products. A technical solution has been proposed to improve the efficiency of the purification quality by introducing an oil trap. The basic principles of operation of such devices and their prospects in the field of environmental safety in production processes are analyzed.

Keywords: oil traps, wastewater, petroleum products, pollutants, industry, purification.

Нефтеловушка – это эффективное средство для очистки промышленных сточных вод от нефтепродуктов, работает на основе физико-химических процессов, позволяя эффективно улавливать нефтепродукты и легколетучие загрязнители [1]. Установка данного

устройства требует правильного выбора места размещения, обеспечения достаточного пространства для доступа к устройству и подключения к системе водоотведения. Необходимо также учитывать поток сточных вод, чтобы обеспечить оптимальную работу [2].

Принцип очистки с помощью нефтеловушек должен быть основан на использовании гидрофобных материалов, способных притягивать и удерживать маслянистые вещества из потока воды. На первом этапе происходит объединение мельчайших капель нефтепродуктов в более крупные частицы. Нефтяная пленка, всплывая, накапливается на поверхности воды. При достижении толщины нефтяной пленки 150 мм включается сигнализация, оповещающая обслуживающий персонал о необходимости удаления пленки нефтепродуктов [3]. Расход сточной воды зависит от условий эксплуатации нефтеловушки, но обычно это происходит в течение нескольких часов или дней, в зависимости от интенсивности загрязнения воды нефтепродуктами, а концентрация нефтепродуктов либо высока, либо превышает предельно допустимые нормы.

Завершающим этапом является окончательная очистка сточных вод от нефтепродуктов на сорбционных фильтрах. Следует помнить, что нефтеловушки – лишь одна ступень в системе очистки сточных вод. Так как жидкость проходит через системы очистки в нефтеловушке самотеком, их обслуживание не требует постоянного присутствия обслуживающего персонала.

Обслуживание нефтеловушек включает регулярную очистку от накопившихся загрязнений и периодическую замену фильтров. Регулярная проверка состояния устройства поможет предотвратить засорение и сохранит его эффективность. Важно также следить за состоянием дренажной системы и производить ее очистку при необходимости.

Использование вышеуказанного устройства в промышленности предоставляет ряд значительных преимуществ. Во-первых, данное оборудование обладает высокой эффективностью в удалении нефтепродуктов из сточных вод, что способствует снижению загрязнения окружающей среды. Кроме того, нефтеловушки позволяют значительно улучшить качество очищенной воды и повысить её соответствие нормативным требованиям, что особенно важно для предприятий, работающих с жидкими углеводородами.

Практические примеры успешного применения нефтеловушек для очистки сточных вод подтверждают их эффективность в различных отраслях промышленности. Например, в нефтегазовой сфере использование нефтеловушек позволяет значительно уменьшить содержание нефти и других загрязнителей в отходящих водах, что способствует соблюдению экологических нормативов. В пищевой промышленности нефтеловушки успешно применяются для удаления жиров и масел из сточных вод, что обеспечивает более качественную очистку перед их сбросом в окружающую среду. Таким образом, использование нефтеловушек является эффективным методом очистки промышленных сточных вод.

Источники

1. Инженерная защита водной среды: Учебное пособие / А.Г. Ветошкин. Санкт-Петербург: Издательство «Лань», 2022. 416 с.
2. Принцип работы нефтеловушек [Электронный ресурс]. <https://nasosnaya-stantsiya.ru/ochistnye-sooruzhenija/princip-raboty-neftelovushki.html> (дата обращения: 24.02.24).
3. Проектирование и эксплуатация газонефтепроводов и газонефтехранилищ [Электронный ресурс]. <https://studfile.net/preview/6869217/page:4/> (дата обращения: 24.02.24).

УДК 665.65

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАВШЕГО МОТОРНОГО МАСЛА

Гарипов Камиль Рустамович¹, Антонов Виктор Дмитриевич²
Науч. рук. к-т. биол. наук, доцент Бариева Энза Рафаиловна,
ст. преп. Серазеева Елена Владимировна
^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
¹kamilgaripov24@gmail.com, ²Vitya.antonov.2004@outlook.com

В данной статье рассматриваются вопросы переработки отработанного моторного масла с использованием новых технологий. Уделяется внимание такому методу переработки масел как гидроочистка.

Ключевые слова: моторное масло, гидроочистка, центрифугирование, повторное использование, сероводород, фильтрация.

MODERN METHODS FOR RECYCLING USED MOTOR OIL

Garipov Kamil R.¹, Antonov Victor D.²

Scientific advisor Barieva Enza R., Serazeeva Elena V.

^{1,2}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹kamilgaripov24@gmail.com, ²Vitya.antonov.2004@outlook.com

This article discusses the issues of recycling used motor oil using new technologies. Attention is paid to such a method of oil processing as hydrotreating.

Keywords: motor oil, hydrotreating, centrifugation, reuse, hydrogen sulfide, filtration.

Сегодня вопрос переработки отработанного моторного масла становится все более актуальным и требует применения новых технологий и подходов. Отработанные масла содержат вредные вещества, включающие нефтепродукты, тяжелые углеводороды, смолы, асфальтены и другие соединения, представляющие опасность для окружающей среды и здоровья человека.

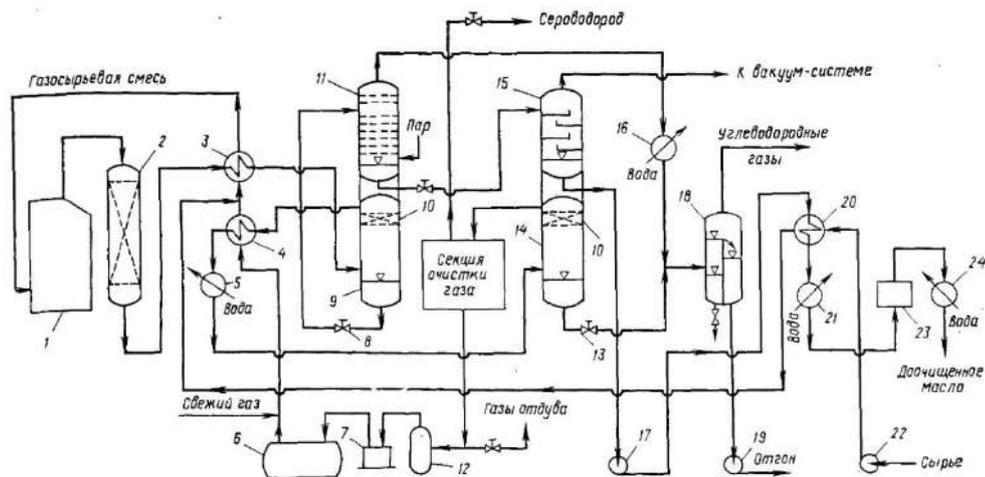
Повторное использование отработанных моторных масел путем их переработки позволяет применять извлеченные ценные компоненты, такие как базовые масла и присадки, что помогает уменьшить зависимость от нефтяной промышленности, уменьшить затраты на производство новых масел и снизить наносимый окружающей среде вред.

Для обработки использованного моторного масла существует множество технологий, включающих гидрокрекинг, вакуумную перегонку, фильтрацию, центрифугирование, обратный осмос и другие методы.

Одним из наиболее встречающихся способов переработки служит процесс гидроочистки, в ходе которого катализатор и водород используются для устранения примесей и преобразования остатков масла в базовые масла. [1]

Гидрокрекинг — это один из гидрогенизационных процессов преобразования материалов, происходящий при высоких температурах и давлении под воздействием водорода. Гидрокрекинг дает около 96-98 % по массе сырья. В качестве побочных продуктов получают небольшие количества дистилляционных фракций, отбензиненного газа и технического сероводорода. [2]

Установка гидрокрекинга состоит из нескольких секций: секции нагрева, реактора, секции сепарации и стабилизации и секции очистки от сероводорода. [3]



Технологическая схема установки гидроочистки нефтяных масел: 1 - трубчатая печь; 2 - реактор; 3, 4, 20 - теплообменники; 5, 21, 24 - холодильники; 6 - приемник; 7 – механический нагнетатель; 8 - редукционный клапан; 9, 14 - высоко и низкотемпературные сепараторы высокого давления; 10 - каплеуловитель насадочного типа; 11 - отпарная колонна; 12 - каплеотбойник; 13 - дроссельный клапан; 15 - сушильная колонна; 16 - конденсатор-холодильник; 17, 19, 22 - насос; 18 - сепаратор; 23 - фильтра.

Аналогичное оборудование также подходит для гидроочистки неочищенного парафина с целью осветления парафина и повышения его стабильности. Параметры обработки подбираются таким образом, чтобы требуемое качество парафина достигалось без снижения температуры плавления и увеличения доли масла в конечном продукте; содержание серы в обработанном продукте ниже, чем в неочищенном парафине. Для многих видов твердого парафина запах является важным показателем качества. Отсутствие запаха является одним из требований к высококачественному парафину в соответствии со стандартом.

Переработка отработавшего моторного масла представляет собой важную тему, связанную с новыми технологиями и перспективами в данной области. Необходимо вести разработку более эффективных и экологически безопасных методов переработки, чтобы снизить негативное воздействие на окружающую среду и повысить экологическую безопасность в промышленности.

Источники

1. Процесс переработки нефти [Электронный ресурс] URL: <https://clck.ru/39Fb3c> (Дата обращения 27.02.24).
2. Определение гидроочистки [Электронный ресурс] URL: <https://linkzip.ru/12bb1e> (Дата обращения 27.02.24).
3. Технологическая схема [Электронный ресурс] URL: <https://clck.ru/39Fb9F> (Дата обращения 27.02.24).

УДК 504.064.45

УТИЛИЗАЦИЯ ТЕЛЕВИЗОРОВ И МОНИТОРОВ

Алексеев Виктор Александрович¹, Арапов Артем Дмитриевич², Дресвянников Андрей Александрович³, Миншаехов Марат Ильнатович⁴

Науч. рук. к-т. биол. наук, доцент Бариева Энза Рафаиловна,
ст. преп. Серазеева Елена Владимировна

^{1,2,3,4}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г.Казань, Республика Татарстан

¹v.alekseev.gs@yandex.ru, ²arapov.artem.2003@mail.ru, ³adresviannikov@yandex.ru

⁴minshaekhov2@bk.ru

В статье описывается несовершенство применяемой технологии утилизации телевизоров и мониторов, не учитывающей экологический вред окружающей среде, также описывается наличие в мониторах большого количества опасных элементов и драгоценных металлов. Предложен метод утилизации, наиболее соответствующий экологическим требованиям – это переработка дисплеев в декоративную плитку.

Ключевые слова: Утилизация, жидкокристаллические дисплеи, плазменные дисплеи.

DISPOSAL OF TELEVISIONS AND MONITORS

Alekseev Victor A.¹, Arapov Artem D.², Dresvyannikov Andrey A.³, Minshayekhov Marat I.⁴

Scientific advisor Barieva Enza R., Serazeeva Elena V.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹v.alekseev.gs@yandex.ru, ²arapov.artem.2003@mail.ru, ³adresviannikov@yandex.ru

⁴minshaekhov2@bk.ru

The article describes the imperfection of the technology used for the disposal of televisions and monitors, which does not take into account environmental damage to the

environment, and also describes the presence of a large number of dangerous elements and precious metals in monitors. The proposed recycling method that best meets environmental requirements is the recycling of displays into decorative tiles.

Keywords: Recycling, liquid crystal displays, plasma displays.

Утилизация телевизоров и мониторов с плазменными и жидкокристаллическими панелями направлена на извлечение ценных компонентов для повторного использования. Процесс утилизации начинается с демонтажа и сортировки компонентов для последующей переработки. Дисплеи плазменного типа содержат ртуть в небольших количествах, до 30 мг на один дисплей. Они не содержат полимерные материалы, основная часть изготовлена из стекла. Стекло на основе оксида свинца, используемое в дисплеях, относится к токсичным веществам. На данный момент плазменные дисплеи утилизируются путем размола на дробилках из-за отсутствия более эффективных технологий переработки. Полученная стеклянная крошка может быть использована для создания строительных материалов [1].

В старых и новых дисплеях содержатся опасные элементы, такие как свинец, ртуть, барий, стронций и мышьяк. Мониторы, попавшие на полигон ТКО, подвержены воздействию природных процессов, что может привести к постоянному выделению токсичных веществ в окружающую среду на протяжении длительного времени. При производстве комплектующих для электроники используются драгоценные металлы, такие как золото, серебро, родий, палладий, платина и другие. Интересно, что одна единица электронной техники может содержать больше ценных элементов, чем килограмм добытой руды. Поэтому утилизация мониторов и телевизоров в больших количествах выгодна, так как можно извлечь металлы высокой очистки, особенно у ранних моделей с более высоким содержанием драгоценных металлов. Переработка электронно-лучевых мониторов была более востребована, так как стекло могло быть использовано повторно для производства новых лучевых трубок в новых изделиях. Однако, с переходом на жидкокристаллические мониторы, стекло в основном начало отправляться на свалку, даже в странах, где активно осуществляется переработка электронных отходов [2].

Компании по производству огнеупорной плитки уже занимались изготовлением декоративной и архитектурной плитки из переработанных материалов, поэтому для них было не так сложно, по крайней мере

концептуально, начать производство из лучевой трубки и стекла. Однако реализация проекта неизбежно оказалась сопряжена с некоторыми трудностями. Электронно-лучевые трубки - один из самых сложных для переработки видов электронных отходов [3].

После сортировки стекла в него добавляют немного белого пигмента для осветления естественного тона, в результате чего получается светло-серый цвет, который называется люминофором. Эту плитку можно использовать для внутренней и наружной установки, в том числе для отделки рабочих мест. И, конечно же, они могут стать отделочным материалом в "зеленом доме".

Не до конца ясно, как при переработке избавляются от оксида свинца, который входит в состав стекол кинескопа. Свинец является токсичным веществом, так же, как и его соединения, они вызывают изменения в нервной системе, крови и сосудах. Поэтому, при производстве плиток нужно использовать бариево-стронциевое стекло, которое необходимо отделять от свинцового, оно также используется при производстве строительных материалов в связи с низкой выщелачиваемостью ионов бария и стронция, концентрация которых не превышает допустимые нормы. Таким образом, мы сможем не только, избавиться от оксида свинца, но и помочь сохранить нашу планету от прочего вреда старой и не нужной техники [4].

Источники

1. Переработка ЭЛТ мониторов в керамическую плитку [Электронный ресурс]. <https://ug-plastics.ru/utilizaciya/monitorov-elt-2.html> (дата обращения 20.02.2024).

2. Шмарке Л. Использование отходов пластмасс / Л. Шмарке / под ред. А. В. Драгинского – СПб, 1988. – 176с. (дата обращения 19.02.2024).

3. Кутаков М.В. Технология обращения с отходами / М.В. Кутаков / журнал руководителя и главбух. – 2008. – 55–58с. (дата обращения 19.02.2024).

4. Сметанен И.В. Защита О.С. от отходов производства и потребления: учебное пособие – г.Москва: Колоса, 2005. – 232с. (дата обращения 19.02.2024).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБОРОТНОЙ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ НА АВТОМОЙКЕ

Еркияшев Сергей Александрович¹, Икононов Илья Владимирович²,
Назирова Хилола Толкиновна³

Науч. рук. к-т. биол. наук, доцент Бариева Энза Рафаиловна,
ст. преп. Серазеева Елена Владимировна

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹easylemon0705@gmail.com, ²iknnv@yandex.ru, ³nazirovahilola197@gmail.com

Статья посвящена исследованию и анализу использования оборотной системы водоснабжения на автомойке. Будут рассмотрены такие аспекты как: преимущества и недостатки такого решения, возможность реализации, экономическая и экологическая эффективность.

Ключевые слова: сточные воды, водоснабжение, оборотное водоснабжение, очистка сточных вод.

USING THE REVERSE WATER SUPPLY SYSTEM AT THE CAR WASH

Erkiyashev Sergey A.¹, Ikononov Ilya V.², Nazirova Hilola T.³

Scientific advisor Barieva Enza R., Serazeeva Elena V.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹easylemon0705@gmail.com, ²iknnv@yandex.ru, ³nazirovahilola197@gmail.com

The article is devoted to the study and analysis of the use of a circulating water supply system at a car wash. Aspects such as: the advantages and disadvantages of such a solution, feasibility, economic and environmental efficiency will be considered.

Keywords: wastewater, water supply, circulating water supply, wastewater treatment.

В настоящее время автомойки ежедневно потребляют огромное количество воды для своей работы, поэтому существует проблема очистки сточных вод у данных предприятий.

Очищенные сточные воды с автомойки можно использовать снова после их обработки, но для этого требуется специальная установка.

Компании предлагают различные варианты установок для оборотного водоснабжения для автомоек [1]. Мы предлагаем флотационно-фильтрационную установку 2М (ФФУ-2М) [3]. Данная установка имеет размеры 1450 x 1330 x 1720 мм, что делает её компактной, для её питания необходимо $I_{расц.} = 16А$. На рисунке 1 показан общий вид данной установки.

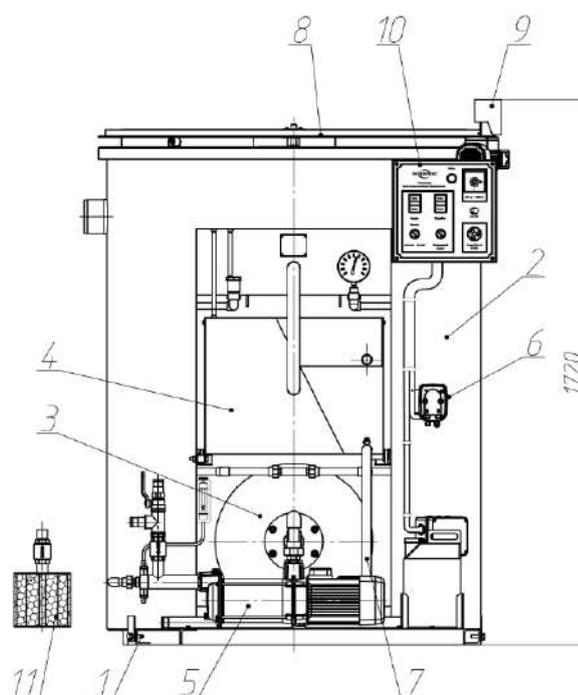


Рис.1 Общий вид системы очистки «ФФУ-2М»:

- 1 – Рама, 2 – Емкость, 3 – Сатуратор, 4 – Засыпной фильтр, 5 – Насосный агрегат, 6 – Насос-дозатор, 7 – Бачок для реагентов 5 литров, 8 – Шламоудалитель, 9 – Привод шламоудалителя, 10 – Пульт управления, 11 – Заборный фильтр

В состав сточных вод автомоек входят: взвешенные частицы, автошампуни и прочие моющие вещества, а также нефтепродукты. Для очистки сточных вод на данном предприятии понадобится песколовка, флотационный аппарат и блок очищенной воды. Без песколовки, взвешенные вещества будут попадать в блок с очищенной водой, и данная вода не будет пригодна к повторному использованию.

На рисунке 2 показан один из вариантов схем, который можно применить.

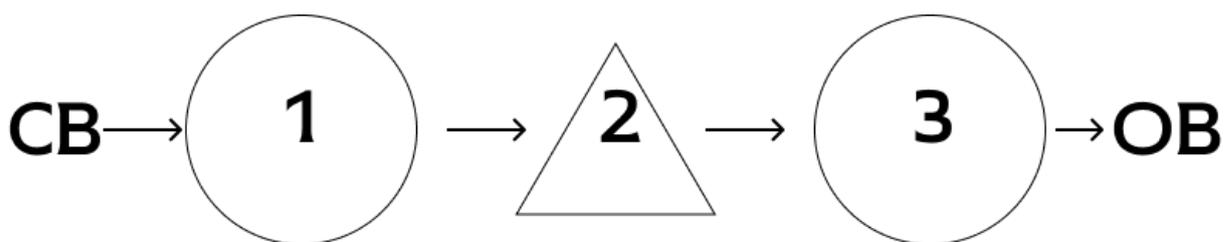


Рис.2. Схема локальных очистных сооружений для автомойки:

1 – песколовка, 2 – флотационная установка ФФУ-2М или другая, 3- блок очищенной воды;
СВ – сточная вода; ОВ – очищенная вода

Очищенная вода после данной установки соответствует всем нормам ПДК. Особенность данного аппарата в том, что он водонепроницаем, но первоначальное оборудование и проектирование дополнительных конструкций требует определенных затрат, которые окупятся в короткий срок. [2]

Источники

1. Обратное водоснабжение [Электронный ресурс] URL: <https://clck.ru/39FKVJ> (Дата обращения 21.02.24)
2. Что такое обратное водоснабжение [Электронный ресурс] URL: <https://clck.ru/39FKZV> (Дата обращения 22.02.24)
3. ФФУ-2М [Электронный ресурс] URL: <https://clck.ru/39FKbr> (Дата обращения 22.02.2024)

УДК 628.3

ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА РЕАГЕНТНЫМ МЕТОДОМ

Замалетдинов Роман Ильдарович ¹, Корсаков Антон Витальевич ²

Науч. рук. к-т. биол. наук, доцент Бариева Энза Рафаиловна,
ст.преп. Серазеева Елена Владимировна

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹zamaletdinoff.roman@yandex.ru, ²akvitalevich@gmail.com

В данной статье рассматривается схема очистки сточных вод гальванического производства от хромирования и цинкования с использованием реагентного метода.

Ключевые слова: гальваническое производство, сточные воды, очистка, шлам, травление, покрытие.

TECHNOLOGY FOR PURIFICATION OF GALVANIC PRODUCTION WASTEWATER USING THE REAGENT METHOD

Zamaletdinov Roman I.¹, Korsakov Anton V.²

Scientific advisor Barieva Enza R., Serazeeva Elena V.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹zamaletdinoff.roman@yandex.ru, ²akvitalevich@gmail.com

This article discusses a scheme for treating wastewater from galvanic production from chrome plating and galvanizing using the reagent method.

Keywords: electroplating production, electroplating, wastewater, cleaning, sludge, etching, coating.

В настоящее время гальваническое производство является важнейшей отраслью промышленности. Сточные воды, которые образуются в ходе гальванических реакций содержат большое количество ионов тяжелых металлов (Fe, Cu, Zn, Cr), и согласно ГОСТ 12.1.007 76 эти ионы принадлежат I и II классу опасности. Основными причинами сброса отработанных растворов в гальванопроизводстве следует назвать: избыточная аккумуляция в используемом растворе электролитах побочных продуктов процессов; неправильное соотношение рабочих компонентов (H_2SO_4 ; H_2CrO_4 ; CrO_3 ; $CrSO_4$); загрязнение раствора металлическими осадениями в следствие образования водородных мешков на поверхности изделия. Наглядная схема гальванического производства выглядит следующим образом (рис.1):[1]

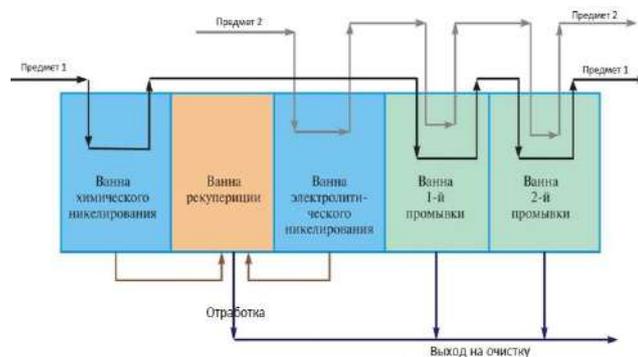


Рис.1 Схема гальванического производства

Процесс включает в себя два метода химический и электролитический. Ванна рекуперации служит резервуаром для сбора отработанных реагентов, осадка, прочих органических и неорганических соединений. После промывки детали в сточные воды попадает часть реагентов, а также металл, который недостаточно хорошо прикрепился к детали. Полученная сточная вода имеет превышения по сульфат-ионам (SO_4^{2-}) в 580 раз, по суммарному количеству хрома (Cr) в 89 раз согласно СанПиН 1.2.3685-21: III. Нормативы качества и безопасности воды [2].

В качестве очистки выступает реагентный метод - наиболее эффективный и экономически-выгодный вариант за счет минимальных затрат на реактивы, простоты процесса и возможного циклического использования воды (рис.2). Суть заключается в последовательном проведении нескольких реакций, таких как окисление, восстановление, нейтрализация, коагуляция и осаждение. В ходе данных процессов образуется осадок-шлам ($\text{Fe}(\text{OH})_3$; $\text{Cr}(\text{OH})_3$), который соответствует 2 классу опасности и направляется на захоронение на полигон. Очищенная вода обрабатывается серной кислотой и частично возвращается в производство как сырье, другая часть сбрасывается в коллектор [3].

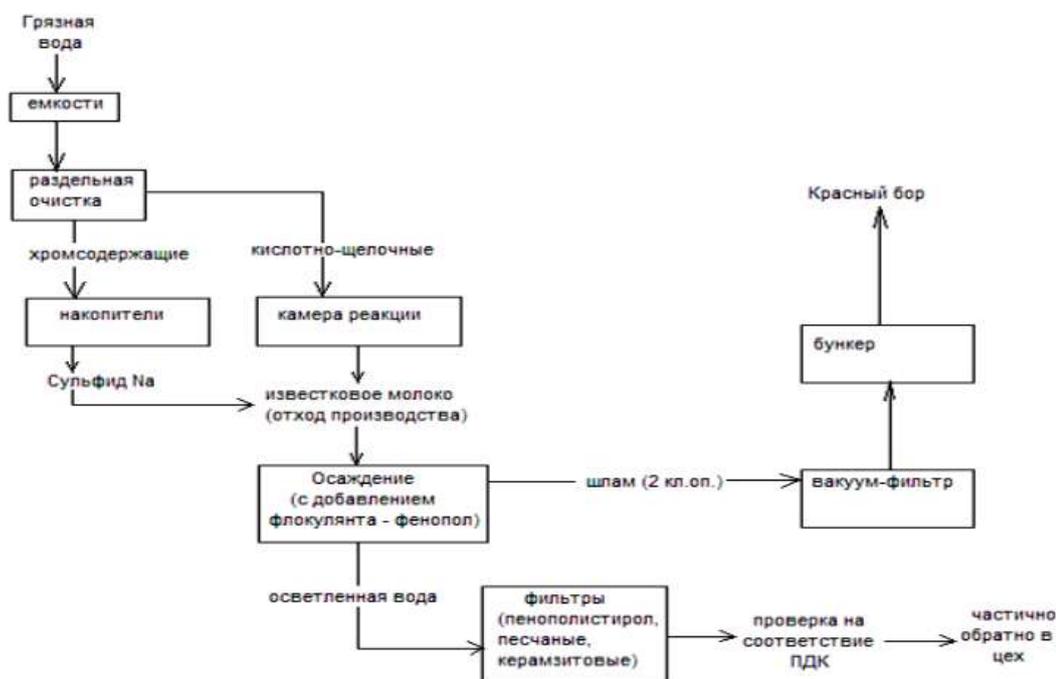


Рис. 2 Схема очистки сточных вод с помощью реагентного метода

В результате данных процессов применяемого метода удается перевести токсичные отходы в малотоксичные (Cr^{VI} - Cr^{III}). Таким образом, можно сказать, что предложенный метод очистки более экономичен и экологичен.

Источники

1. Схема гальванического производства [Электронный ресурс] URL: https://yandex.ru/images/search?from=tabbar&img_url=https%3A%2F%2Fplast-product.ru%2Fwp-content%2Fuploads%2Fgalvanixschema.jpg&lr=43&pos=14&rpt=simage&text=схема%20гальванического%20производства (Дата обращения: 18.02.2024)
2. Выбросы сточных вод [Электронный ресурс] URL: https://dep_chem.pnzgu.ru/files/dep_chem.pnzgu.ru/ya_p__pereygin_o_v__zorkina_i_v__rashevskaya_s_n__nikolaeva.pdf (Дата обращения: 22.02.2024)
3. Реагентный метод очистки [Электронный ресурс] URL: https://dspace.spbu.ru/bitstream/11701/11509/1/VKR_A_Tixov.pdf (Дата обращения: 23.02.2024)

УДК 628.3

ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ПО УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ КРАСИТЕЛЕЙ НА ТЕКСТИЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Захарова Алёна Дмитриевна¹, Рочева Яна Олеговна², Гайфуллина Диана Ирековна³,
Кохан Дмитрий Александрович⁴, Трухачев Дмитрий Александрович⁵, Бондаренко
Альбина Альбертовна⁶

Науч. рук. к-т. биол. наук, доцент Бариева Энза Рафаиловна,
ст. преп. Серазеева Елена Владимировна

^{1,2,3,4,5,6}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹alena.okapi@gmail.com, ²Rochewa.yana@yandex.ru, ³gaif.diana@yandex.ru,
⁴dkoxan750@gmail.com, ⁵dimasik34500@gmail.com, ⁶qwerty220220044@mail.ru

В данной статье проводится анализ эффективности очистки сточных вод от красителей на текстильном производстве. Предлагается инновационное решение для улучшения процесса очистки сточных вод на предприятии.

Ключевые слова: сточные воды, текстильная промышленность, нанофильтрация, органические красители.

TECHNICAL SOLUTION FOR IMPROVING THE TECHNOLOGY OF WASTEWATER TREATMENT FROM DYES IN TEXTILE PRODUCTION

Zakharova Alena D.¹, Rocheva Yana O.², Gaifullina Diana I.³,
Kokhan Dmitry A.⁴, Trukhachev Dmitry A.⁵, Bondarenko Albina A.⁶
Scientific advisor Barieva Enza R., Serazeeva Elena V.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹alena.okapi@gmail.com, ²Rochewa.yana@yandex.ru, ³gaif.diana@yandex.ru,
⁴dkoxan750@gmail.com, ⁵dimasik34500@gmail.com, ⁶qwerty220220044@mail.ru

This article analyzes the effectiveness of wastewater treatment from dyes in textile production. An innovative solution is proposed to improve the wastewater treatment process at the enterprise.

Keywords: wastewater, textile industry, nanofiltration, organic dyes.

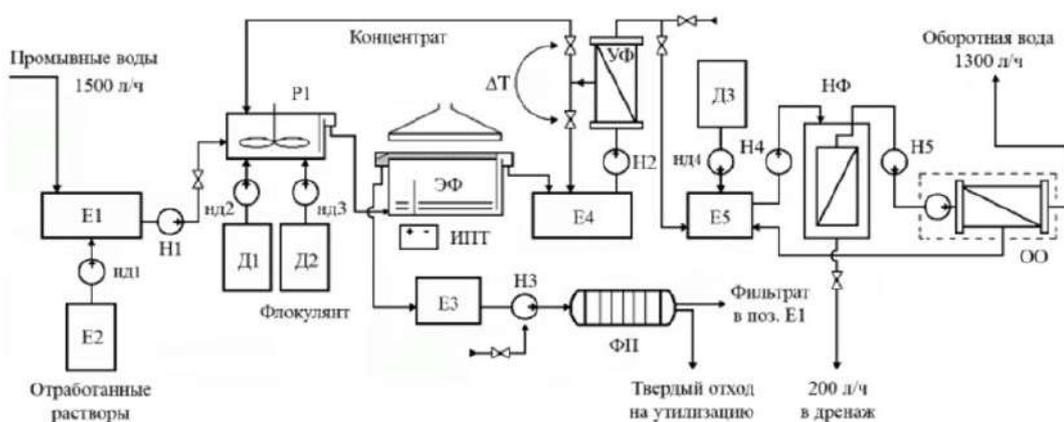
Сегодня текстильная промышленность в России представляет собой значимый сектор экономики, включая производство текстильных материалов, одежды и текстильных изделий. В последние годы наблюдается стремление к прогрессивному и технологическому обновлению предприятий, с целью повышения конкурентоспособности и соблюдения экологического законодательства.

Одной из ключевых проблем по минимизации негативного воздействия на окружающую среду данного производства является сложность очистки сточных вод от органических красителей. Компоненты красителей, находящиеся в сточных водах, сохраняют свою устойчивость к воздействию света, кислот, щелочей и кислорода, что является необходимым условием для сохранения цвета одежды. Эти органические соединения обладают низкой способностью к биологическому разложению, из-за чего они трудно очищаются обычными методами, используемыми на производстве [1].

В настоящее время на производстве существует следующая схема очистки сточных вод: промывные воды и отработанные растворы

поступают в реактор, где с помощью флокулянтов происходит удаление примесей, далее стоки попадают в электрофлотатор (ЭФ), после этих этапов отходы проходят через камерный пресс-фильтр и отправляются на утилизацию, а сточные воды проходят ещё одну стадию очистки перед обратным осмосом – ультрафильтрация (УФ). Данный метод очистки не позволяет отделять примеси в диапазоне от 0,002 до 0,001 мкм и способствует гораздо более быстрому забиванию сеток обратноосмотической установки, что влечёт за собой временные и финансовые затраты на их очистку.

В качестве наиболее эффективного метода очистки сточных вод от красителей текстильных производств можно предложить мембранную технологию нанофильтрации [2]. Нанофильтрация представляет собой метод обработки воды, основанный на принципе обратного осмотического разделения жидкостей. В отличие от установки обратного осмоса, предложенная нами технология обладает более проницаемым и менее плотным селективным слоем [3]. Также нанофильтрация обладает высокой эффективностью в удалении микроорганизмов, вирусов и других загрязнений из сточных вод. Благодаря своей компактности и высокой производительности, системы нанофильтрации могут быть легко интегрированы в существующие производственные процессы, что позволяет значительно снизить затраты на оборудование и эксплуатацию. Кроме того, использование нанофильтрации на текстильном производстве способствует повышению качества продукции за счет улучшения характеристик воды.



Технология очистки сточных вод от красителей на текстильном производстве с использованием нанофильтрации [1]

Внедрение технологии наночистоты на производстве текстильной промышленности значительно сокращает амортизационные затраты на покупку мембран для обратноосмотической установки, уменьшает объемы водопотребления, позволяет многократно использовать водные ресурсы для окрашивания тканей, а также минимизирует попадание в окружающую среду токсичных загрязнений от органических красителей [2].

Источники

1. Удаление цветности сточных вод в текстильной промышленности с помощью озонирования [Электронный ресурс]. <https://www.primozone.ru/promyshlennye/stochnaya-voda-tekstilnogo-proizvodstva> (дата обращения: 12.02.2024);

2. Рочева О.А., Шарипова Ф.Р., Шамсемухаметов А.А. Мероприятия по совершенствованию процесса управления благоустройством в городах-миллионниках: зарубежный опыт управления сферой благоустройства муниципальных образований. Казань, 2019. С. 217-222;

3. Нестерова Л.А. Разработка технологии очистки сточных вод после процесса крашения текстильных материалов активными красителями // Технологии органических и неорганических веществ и экология. Чебоксары, 2010. С. 35-37.

УДК 628.477

УТИЛИЗАЦИЯ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Кальметов Сергей Иванович¹, Майорова Мария Михайловна², Хайруллина Диана

Эдуардовна³, Яковенко Роман Русланович⁴, Гайсан Патрисия⁵

Науч. рук. к-т. биол. наук, доцент Бариева Энза Рафаиловна

^{1,2,3,4,5}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹s.kalmetov02@gmail.com, ²mariamajorova289@gmail.com, ³qitemyuyyz@gmail.com,

⁴feneds68@gmail.com, ⁵patrisiagajsan796@mail.ru

В данной статье дается анализ твердых коммунальных отходов, их классификация и методы утилизации. Описаны технологии переработки твердых коммунальных отходов их преимущества и недостатки.

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы (ТКО), утилизация, переработка, биопереработка.

MUNICIPAL SOLID WASTE. BIOPROCESSING

Kalmetov Sergey I.¹, Maiorova Maria M.², Khairullina Diana E.³, Yakovenko Roman R.⁴,
Gaisan Patrisia⁵

Scientific advisor Barieva Enza R.

^{1,2,3,4,5}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹s.kalmetov02@gmail.com, ²mariamajorova289@gmail.com, ³qitemyyyyz@gmail.com,
⁴feneds68@gmail.com, ⁵patrisiagajsan796@mail.ru

This article provides an analysis of municipal solid waste, its classification and disposal methods. Municipal solid waste processing technologies, their advantages and disadvantages, are described.

Keywords: municipal solid waste (MSW), disposal, recycling, bioprocessing.

Твердые коммунальные отходы (ТКО) - это продукт жизнедеятельности человека, образующийся в результате жизнедеятельности домохозяйств и хозяйственной деятельности [1].

Существует несколько видов твердых коммунальных отходов, которые различаются по своему составу и свойствам:

1. Органические отходы включают пищевые остатки, растения и отходы животноводства.
2. Бытовые отходы образуются в результате повседневной жизни, включая упаковки от продуктов питания, старую мебель, предметы домашнего обихода и т.д. Органические отходы включают в себя органические отходы, растения, животных, растения и растения.
3. Промышленные отходы образуются в процессе производства товаров и услуг и могут содержать опасные вещества, требующие специальной обработки и утилизации.
4. Отходы строительства образуются при возведении и реконструкции зданий, включая бетон, кирпичи, металлические детали и прочие строительные материалы.

На текущий момент, проблема утилизации твердых коммунальных отходов сталкивается с рядом трудностей, включая отсутствие эффективной системы утилизации и переработки мусора, дефицит

специализированных объектов для утилизации отходов и нехватку инфраструктуры для разделения мусора. Кроме того, общественное отношение к обращению с отходами оставляет желать лучшего.

На сегодняшний день существуют различные методы утилизации твердых коммунальных отходов:

Захоронение: самый популярный метод, который заключается в помещении отходов на специальные площадки. Его преимуществами являются доступность и экономичность, а недостатком является то, что он требует много земли и может загрязнять почву и грунтовые воды.

Сжигание: при этом методе отходы сжигаются при высокой температуре, что позволяет сократить их объем. Преимуществами этого метода являются сокращение объема отходов и возможность получения энергии, а недостатками — загрязнение атмосферы и необходимость специальной обработки остатков.

Компостирование: этот метод предполагает переработку органических отходов в удобрения. Его преимуществами являются экологичность и получение полезного продукта, а недостаток заключается в том, что не все отходы могут быть компостированы и требуют специальной предварительной обработки [2].

Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки, и выбор оптимального подхода зависит от конкретных условий и задач.

Одним из наиболее перспективных решений является использование технологий биологической переработки отходов. Эти технологии позволяют преобразовать органические отходы в ценные ресурсы, которые могут быть использованы для получения энергии, создания удобрений и других полезных продуктов. Современные методы биологической переработки твердых бытовых отходов включают в себя различные процессы, каждый из которых имеет свои особенности и преимущества.

Анаэробное брожение - один из самых широко используемых методов, в ходе которого отходы превращаются в биометан и жидкие удобрения при минимальном количестве кислорода. Процесс осуществляется в специальных резервуарах и не требует большого количества кислорода [3].

Вермикомпостирование - еще одна технология, основанная на обработке органических отходов червями, которые расщепляют их на мелкие части и обогащают почву полезными веществами. Этот метод

считается экологически чистым и простым для использования в домашних условиях.

Пиролиз - это термическая обработка отходов в отсутствие кислорода с целью их разложения на углерод, водород и кислород. Этот процесс используется для переработки различных видов отходов, таких как пластик, резина и древесина.

У биопереработки есть ряд преимуществ, но есть и недостатки. Одним из главных недостатков является высокая стоимость оборудования и инфраструктуры, необходимых для осуществления процесса. Кроме того, эффективность переработки может снижаться при работе со сложными отходами, такими как пластик или электронное оборудование.

Однако эти недостатки не должны затмевать преимущества биопереработки. Этот подход к утилизации отходов помогает снизить выбросы парниковых газов и загрязнение окружающей среды, создает новые рабочие места, увеличивает доходы местных сообществ, и в целом является важным шагом на пути к устойчивому развитию.

В будущем ожидается, что биопереработка продолжит развиваться и совершенствоваться, становясь еще более доступной и эффективной. Это позволит технологии стать неотъемлемой частью глобального решения проблемы утилизации отходов.

Источники

1. ESOPORTAL Твердые коммунальные отходы [Электронный ресурс]. <https://ecportal/tverdye-kommunalnye-otxody/> (дата обращения: 20.02.2024 г.).

2. RCYCLE.NET Утилизация твердых бытовых отходов [Электронный ресурс]. <https://rcycle.net/othody/obrashhenie/utilizatsiya-tverdyh-bytovyh-othodov-sposoby-zakony-puti-resheniya-problem> (дата обращения: 20.02.2024 г.).

3. Елизарьев А.Н., Тараканов Д.А., Садыков И.В. Исследование эффективности биопереработки отходов пищевой промышленности [Электронный ресурс]. <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-effektivnosti-biopererabotki-othodov-pischevoy-promyshlennosti> (дата обращения: 20.04.2024 г.).

ВЛИЯНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ НА СИСТЕМУ УПРАВЛЕНИЯ ОТХОДАМИ

Петрова Анна Владиславовна¹, Абзалова Диляра Айдаровна²
Науч. рук. к-т. биол. наук., доцент Бариева Энза Рафаиловна,
ст. преп. Серазеева Елена Владимировна
^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
¹sister.20132004@yandex.ru, ²aidarovnad@icloud.com

В данной статье рассматривается влияние нейросети на окружающую среду и несколько возможных вариантов их использования в системе управления отходами, а также причины и последствия проблемы увеличения мусора.

Ключевые слова: нейросети, отходы, оптимизация.

THE IMPACT OF NEURAL NETWORKS ON THE WASTE MANAGEMENT SYSTEM

Petrova Anna V.¹, Abzalova Dilyara A.²
Scientific advisor Barieva Enza R., Serazeeva Elena V.
^{1,2}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
¹sister.20132004@yandex.ru, ²aidarovnad@icloud.com

This article examines the impact of neural networks on the environment and several possible options for their use in a waste management system, as well as the causes and consequences of the problem of increasing garbage.

Keywords: neural networks, waste, optimization.

Нейросети становятся все более распространенными и используются во многих отраслях, включая системы управления отходами. Они могут содействовать в оптимизации производственных процессов и снижении количества отходов, но также могут потребовать большого количества энергии и ресурсов для своей разработки и использования.

В связи с увеличением количества отходов, которые производят население и предприятия, и с недостаточной способностью системы управления эффективно обрабатывать и утилизировать отходы,

существует серьёзная экологическая проблема, затрагивающая все страны мира.

Причинами могут служить неэффективная переработка отходов, увеличение количества опасных отходов, недостаток образования и осведомленности, недостаток инвестиций в инфраструктуру управления отходами.

Всё это имеет серьёзные последствия, такие как загрязнение окружающей среды, утрата биоразнообразия, изменение климата, нехватка ресурсов, угроза здоровью и безопасности человека и животных, а также экономические потери. Решение этих проблем требует комплексного подхода, включающего разработку и внедрение эффективных технологий переработки и утилизации отходов, а также изменение потребительского поведения и переход к более устойчивому развитию общества.

Утилизация мусора является одной из самых актуальных мировых проблем. Каждый год на свалку отправляются сотни тонн отходов, нанося непоправимый вред экосистеме [1].

В современных условиях нейросети в той или иной степени затронули абсолютно все сферы жизнедеятельности человека, включая экологию, как одну из важных отраслей современной науки. Сейчас создаются программы, которые помогают отслеживать экологическую ситуацию в регионе. Они делают проще поиск нарушений и помогают достигать целей [2].

Так, компания Nevlabs использует искусственный интеллект, основанный на нейронных сетях, для сортировки отходов. Идея была заимствована из природы, так как зрение человека и животных также основано на нейронных сетях. Разработчики показывают им множество фотографий с пометками, и они находят закономерности, что позволяет им распознавать новые объекты [3].

«Умное» управление отходами включает сбор и анализ данных с датчиков на мусорных баках, мусоровозах и городской инфраструктуре, планирование и оптимизацию маршрутов, информационную поддержку и помощь в принятии решений для пользователей, классификацию и сортировку отходов, поощрения и выплаты для граждан, сортирующих мусор, а также мониторинг экологической ситуации [4].

Нейросети имеют ряд преимуществ перед старыми технологиями распознавания отходов, такими как спектральный анализ: они снижают стоимость оборудования и срок его окупаемости, позволяют сортировать

отходы, которые раньше нужно было отбирать вручную, не требуют особых условий для работы, могут быть обучены под конкретные задачи и потребляют меньше энергии.

Источники

1. Проблема мусора. [Электронный ресурс]. <https://musor.moscow/blog/problema-musora/?ysclid=lt303vuh5o877341163> (дата обращения: 17.02.2024)

2. Борисова, М. А. Цифровые технологии в правовом регулировании обращения с отходами / М. А. Борисова // Цифровая трансформация общественных отношений: проблемы правового регулирования: Материалы международной научно-практической конференции, Орёл, 21 апреля 2023 года. – Орёл: Орловский государственный университет им. И. С. Тургенева, 2023. – С. 86-91. – EDN FKXSMX.

3. Как искусственный интеллект сортирует мусор. [Электронный ресурс]. <https://plus-one.ru/ecology/2021/10/11/kak-iskusstvennyu-intellekt-sortiruet-musor?ysclid=lt1xicrt14957226026> (дата обращения: 17.02.2024)

4 Попов, А. А. Использование устройств Интернета вещей для «умного» управления сбором и транспортировкой отходов / А. А. Попов // Инжиниринг предприятий и управление знаниями (ИП&УЗ-2023) : Сборник научных трудов XXVI Российской научной конференции. В 2-х томах, Москва, 29–30 ноября 2023 года. – Москва: Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, 2023. – С. 275-284. – EDN AGJGKH.

УДК 504.3.054

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Крюков Евгений Валерьевич¹, Петухов Ярослав Игоревич²
Науч. рук. к-т.. техн. наук, доцент Маслеева Ольга Владимировна

^{1,2}НГТУ им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород, Россия

¹kryukov@nntu.ru, ²petukhov.iaai@nntu.ru

В статье рассмотрена экологическая целесообразность перехода с бензиновых транспортных средств на электрические. Проведен сравнительный анализ по следующим направлениям: потребление полезных ископаемых, образование отходов,

потребление воды. Представлены результаты экологического воздействия транспортных средств на протяжении всего жизненного цикла.

Ключевые слова: экологическая оценка, загрязнение окружающей среды, электромобиль, автомобиль с двигателем внутреннего сгорания.

ENVIRONMENTAL EFFICIENCY ASSESSMENT OF ELECTRIC VEHICLES

Kryukov Evgeny V. ¹, Petukhov Yaroslav. I. ²

Scientific advisor Masleyeva Olga V.

^{1,2}NNSTU n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia

¹kryukov@nntu.ru, ²petukhov.iai@nntu.ru

The article considers the environmental feasibility of switching from gasoline vehicles to electric ones. A comparative analysis was carried out in the following areas: mineral consumption, waste generation, and water consumption. The results of the environmental impact of vehicles throughout the entire life cycle are presented.

Keywords: environmental assessment, environmental pollution, electric vehicle, car with internal combustion engine.

Актуальной мировой тенденцией является переход на новые виды транспортных средств, которые оказывают меньшее негативное влияние на экологическую обстановку. Основное внимание уделяется электромобилям, популярность которых обусловлена отсутствием выбросов вредных веществ и парниковых газов в процессе эксплуатации. Однако, на текущий момент отсутствует комплексная экологическая оценка электромобилей на окружающую среду, которая учитывает потребление полезных ископаемых, воды, электроэнергии, а также образование отходов, выбросы вредных веществ в атмосферу и эмиссию парниковых газов. В рамках данной статьи рассмотрен первый этап исследования, который учитывает потребление полезных ископаемых, воды и образование отходов.

Для оценки экологичности были выбраны следующие транспортные средства: электромобиль марки *EVOLUTE* и автомобиль с ДВС *DongFeng*. Экологическое сравнение проведено только по отличающимся компонентам в соответствии с методикой оценки жизненного цикла (ЖЦ) [1,2], которая учитывает добычу полезных ископаемых, производство и утилизацию. В таблице 1 представлены массы полезных ископаемых для производства

транспортных средств, которые определены с учетом массы основных узлов.

Таблица 1

Масса полезных ископаемых для производства транспортных средств

Полезное ископаемое	Масса полезных ископаемых, кг	
	Электромобиль	Автомобиль с ДВС
Железная руда (сталь, чугун)	581	279
Медная руда	6902	161
Алюминиевая руда	2409,7	2967
Никелевая руда	7040,7	–
Марганцевая руда	107,6	–
Кобальтовая руда	1280,1	–
Природный газ (пластмасса)	15,3	5
Уголь (графит)	34,3	–
Всего	20491	3412

Было установлено, что потребность в полезных ископаемых при производстве электромобилей в 6 раз больше, чем у автомобилей с ДВС из-за использования руд с низким содержанием полезных компонентов.

С учетом массы материалов для транспортных средств и удельных показателей произведен расчет массы образующихся отходов на каждом этапе жизненного цикла транспортных средств (таблица 2).

Таблица 2

Масса отходов на всех этапах жизненного цикла транспортных средств

Вид транспорта	Масса отходов, кг			
	Добыча	Производство	Утилизация	Всего
Электромобиль	18516	1571	64	20151
Автомобиль с ДВС	3065	222	33	3320

При производстве аккумуляторных батарей для электромобилей используются руды с низким содержанием металлов, что приводит к резкому увеличению образующихся отходов у электромобиля в 6 раз по сравнению с автомобилем с ДВС.

Расчет объема водопотребления и водоотведения произведен с учетом удельных показателей расхода свежей воды и сброса сточных вод для каждого материала. В таблице 3 приведено суммарное водопотребление, водоотведение и вредные вещества в сточных водах на каждом этапе ЖЦ транспортных средств.

В таблице 3 приняты следующие обозначения: ПВ – объем потребления чистой воды (м³), СВ – объем сброса сточных вод (м³), ВВ – масса вредных веществ в сточных водах (кг).

Таблица 3

Суммарное потребление воды для производства транспортных средств

Вид транспорта	Добыча			Производство			Утилизация			Всего		
	ПВ	СВ	ВВ	ПВ	СВ	ВВ	ПВ	СВ	ВВ	ПВ	СВ	ВВ
Электромобиль	58	3	48	52	8	84	2	0,7	0,02	112	12	132
Автомобиль с ДВС	3	1	12,4	17	4	43	1	0,4	0,01	25	6	55

Объем потребления свежей воды у электромобиля больше в 4,5 раза на всех этапах ЖЦ из-за более водоемких процессов. Масса вредных веществ в сточных водах образуется в основном на этапе производства из-за более высокого уровня загрязнения сточных воды.

В результате проведения первого этапа экологического анализа было установлено, что электромобиль оказывает большее негативное влияние на экологическую обстановку в течение всего ЖЦ. Основным отрицательным фактором является наличие тягового аккумулятора, который содержит в своем составе большое количество химических элементов.

Источники

1. Притужалова О.А. Экологическая оценка экологического воздействия жизненного цикла продукции. Сравнительный экобаланс упаковки из комбинированных материалов в ФРГ и РФ: дис. канд. техн. наук. Тюмень, 2007.
2. Соснина Е.Н., Маслеева О.В., Крюков Е.В. Сравнительная экологическая оценка установок нетрадиционной энергетики // Теплоэнергетика. 2015. №8. С. 3–10.

АНАЛИЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕЖНОГО ПОКРОВА

Сулейманова Айзиля Айратовна
Науч. рук. к-т. биол. наук, доцент Бариева Энза Рафаиловна,
ст. преп. Серазеева Елена Владимировна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
aizila05@mail.ru

В статье рассматривается воздействие загрязнения атмосферы на качество снежного покрова в городских и неосновных территориях. Акцентируется значимость изучения антропогенного загрязнения, вызванного промышленными предприятиями, автотранспортом и иными источниками, на содержание всевозможных химических веществ в снегу.

Ключевые слова: атмосфера, снежный покров, загрязняющие вещества.

ANALYSIS OF SNOW COVER POLLUTION

Suleimanova Aizila A.
Scientific advisor Barieva Enza R., Serazeeva Elena V.
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
aizila05@mail.ru

The article examines the influence of atmospheric pollution on the quality of snow cover in urban and non-urban areas. The importance of studying anthropogenic pollution caused by industrial enterprises, motor transport and other sources for the content of various chemicals in snow is emphasized.

Keywords: atmosphere, snowcover, pollutants.

Качество воздуха в городских экосистемах зависит от химического состава, массы и параметров выбросов, включая выбросы автотранспорта. Это влияет на метеорологические условия и уровень загрязнения перераспределения выбросов в пределах района. Загрязнение атмосферы напрямую воздействует на здоровье народонаселения и представляется одним из основных приоритетов. [1].

Атмосфера характеризуется основополагающим элементом биосферы, проявляется усиленным и разнообразным воздействием на геологическую среду, гидросферу, почву, здания и другие технические

объекты, а также на человека. Активное воздействие загрязняющих веществ в атмосфере, на водные и сухопутные экосистемы проявляется через осадки в виде снега или дождя. Снег – это осадок, который состоит из мельчайших ледяных кристаллов. В России снег покрывает почти всю территорию страны [2].

Исследования, ориентированные на выявление загрязнений в снежном покрове в городской местности, проводятся всюду в России и за рубежом в связи с простотой методов и высокой объективностью результатов [3].

Загрязняющие элементы попадают в снежный покров с осадками и накапливаются рядом с источниками засорения - автотранспорта, промышленных предприятий. Это всё появляется как из-за природных факторов, так и из-за воздействия человека. Недопустимо разделять эти два типа загрязнения слоя снега, поэтому стоит учитывать антропогенную составляющую путем сравнения количественных характеристик растаявшей воды в промышленной зоне и в неосновных зонах на разной удаленности.

Существуют несколько этапов загрязнений. Первый - загрязнение снежинок при их формировании в облаке и выпадении на территорию. Второй происходит уже из-за осадков загрязненной атмосферы, от таких источников как, сельское хозяйство, промышленные предприятия, выбросы автотранспорта, тепловая энергетика.

Анализ экологического риска возникновения отрицательных явлений в окружающей среде имеет большую значимость предотвращение загрязнения поверхностного слоя почвы, атмосферного воздуха, близлежащих поверхностных и подземных вод на исследуемой территории. Полученные данные и рекомендации в будущем могут стать основой для принятия природоохранных мер по сохранению экологического благополучия Республики Татарстан.

Источники

1. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды Республики Татарстан в 2022 году [Электронный ресурс] // URL:https://eco.tatarstan.ru/file/pub/pub_3770309.pd(дата обращения: 19.02.2024)

2. Снежный слой земли. [Электронный ресурс].
<https://goarctic.ru/news/snezhnyy-pokrov-gorodov-chto-nakapливаet-i-kak-ego-ubrat/> (дата обращения: 19.02.2024)

3. Терминологический словарь по экологической безопасности /Сост. В. А. Сулименко, Т. Г. Грушева и др. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2014. – 40 с.

УДК 504.06

ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ПО УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ КАЗАНСКОГО АКВАПАРКА

Гилязева Алсу Алимовна ¹, Карамова Айгуль Закировна ², Семенов Валентин
Владимирович ³, Тазтдинова Олеся Юрьевна ⁴,
Харисова Гульшат Энфесовна ⁵

Науч. рук. к-т. биол. наук, доцент Бариева Энза Рафаиловна
^{1,2,3,4,5}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

¹gilazeva.alsu@gmail.com, ²karamova03@inbox.ru, ³siemienov_03@mail.ru,
⁴f_taztdinova@mail.ru, ⁵kharisovaGu@yandex.ru

В статье рассмотрен подбор оборудования для водоподготовки и водоочистки аквапарка. Выявлено, что при эксплуатации аквапарка расходуется огромный объем воды. Предложено техническое решение путем внедрения оборотного водоснабжения с использованием напорных фильтров.

Ключевые слова: аквапарк, оборудование, водоснабжение, водоотведение, автоматизация, напорный фильтр.

TECHNICAL SOLUTION FOR IMPROVING THE WATER SUPPLY AND SANITATION SYSTEM OF THE KAZAN AQUAPARK

Gilyazeva Alsu A. ¹, Karamova Aigul Z. ², Semenov Valentin V. ³, Taztdinova Olesya Y. ⁴,
Kharisova Gulshat E. ⁵

Scientific advisor Barieva Enza R.
^{1,2,3,4,5}KSPEU, Kazan, Russia

¹gilazeva.alsu@gmail.com, ²karamova03@inbox.ru, ³siemienov_03@mail.ru,
⁴f_taztdinova@mail.ru, ⁵kharisovaGu@yandex.ru

The article considers the selection of equipment for water treatment and water treatment of the water park. It was revealed that a huge amount of water is consumed during the operation of the water park. A technical solution is proposed by introducing a circulating water supply using pressure filters.

Keywords: water park, equipment, water supply, sanitation, automation, pressure filter.

В процессе работы аквапарка расходуется достаточно большой объем воды, который после использования сбрасывается в канализацию. Поэтому на данном объекте особое место занимает рациональное водоснабжение и водоотведение. Таким образом, принимаем следующую технологическую схему по усовершенствованию системы водоснабжения и водоотведения аквапарка (рис. 1).

Вода подается через клапаны (1) и отводится из бассейна (2) с помощью желобов (3) и трапов (4). Загрязненная вода по трубам попадает в резервуарные емкости (5), откуда выкачивается насосами (6) и последовательно подается на напорные фильтры (7). Нагретая до нужной температуры и обеззараженная вода попадает в бассейн через впускные клапаны (1) [1].

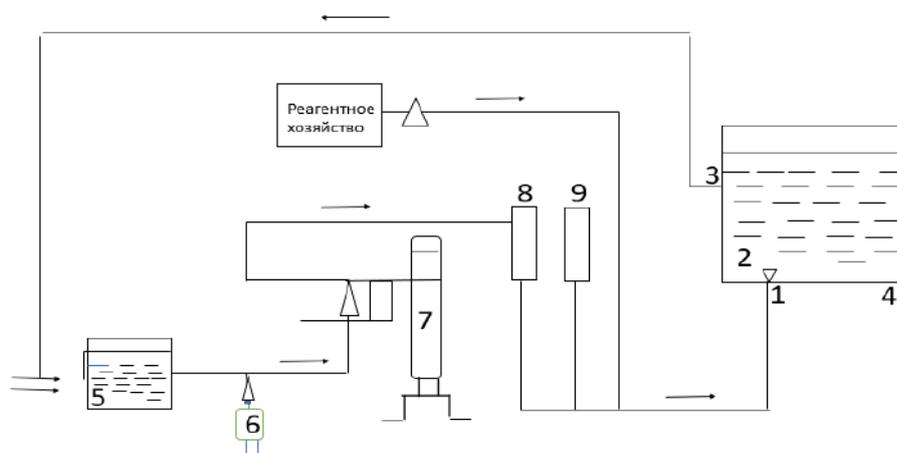


Рис. 1. Технологическая схема водоснабжения и водоотведения аквапарка

Фильтры являются основным оборудованием для очистки воды от взвешенных частиц. В данной технологической схеме рекомендуется использовать напорные фильтры с однослойной кварцевой фильтрующей загрузкой (рис 2). Они просты в использовании, экономически доступны и эффективно очищают воду.

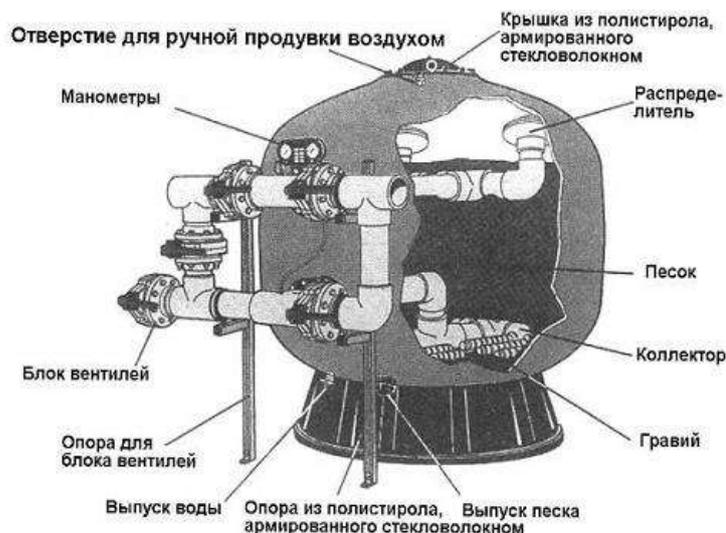


Рис. 2. Напорный фильтр

Время фильтрации зависит от местоположения бассейна и его загруженности. Чем больше нагрузка и загрязнение бассейна, тем быстрее должен быть оборот воды [2].

Из этого следует, что улучшение данной технологической схемы в водопроводной системе аквапарка позволит снизить эксплуатационные затраты на ремонт, улучшить качество воды и повысить эффективность работы очистного оборудования.

Для очистки воды в бассейне предлагаются напорные фильтры с однослойной кварцевой фильтрующей загрузкой, что обеспечивает высокую степень очистки воды при оптимальных затратах. Процесс очистки оборотной воды должен быть полностью автоматизирован, чтобы поддержать эффективность работы всего комплекса.

Источники

1. Николадзе, Г. И. Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения: учеб. пособие / Г. И. Николадзе, Д. М. Минц, А. А. Кустальский. - М.: Высш.шк., 1984. - 480 с.

2. Гудков, А. Г. Механическая очистка сточных вод: учебное пособие / А. Г. Гудков. - Вологда: ВоГТУ, 2003. - 152 с.

ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ

Унгурян Сергей Русланович ¹, Казаков Тимур Павлович ²,
Гиниятуллин Руслан Рустамович ³

Науч. рук. к-т. биол. наук, доцент Бариева Энза Рафаиловна,
ст. преп. Серазеева Елена Владимировна

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹sergunr@gmail.com, ²kazakov.timur23@gmail.com, ³n0name02@bk.ru

В статье рассматриваются различные подходы к хранению энергии, которые сочетают в себе эффективность и экологическую безопасность. Выбран вариант с использованием ядерных батареек и описан их принцип работы с указанием преимуществ и недостатков.

Ключевые слова: Энергия, атомные батареи, хранение энергии.

ENVIRONMENTALLY FRIENDLY ENERGY STORAGE TECHNOLOGIES

Unguryan Sergey R.¹, Kazakov Timur P.², Giniyatullin Ruslan R.³

Scientific advisor Barieva Enza R., Serazeeva Elena V.

^{1,2,3}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹sergunr@gmail.com, ²kazakov.timur23@gmail.com, ³n0name02@bk.ru

The article discusses various approaches to energy storage that combine efficiency and environmental safety. The option of using nuclear batteries is chosen and their principle of operation is described with the indication of advantages and disadvantages.

Keywords: Energy, nuclear batteries, energy storage.

Среди различных методов хранения энергии можно выделить два: химический и физический. Суть первого состоит в том, что он основан на использовании химических реакций, в которых образуются или разрываются химические связи. Примерами химического метода можно назвать аккумуляторные батареи, водород, биотопливо и другие вещества, которые могут выделять или поглощать энергию при изменении своего состава.

Физический метод хранения энергии основан на использовании физических свойств вещества, таких как температура, давление, электрическое или магнитное поле, когда один вид энергии преобразуется в другой, более подходящий для сохранения. Примерами физического метода

являются гидроаккумулирующие электростанции, сжатый воздух, маховики, теплоаккумуляторы, конденсаторы и сверхпроводящие накопители [1].

Но наиболее перспективная и долговечная технология, которая не пользуется особой популярностью – ядерные батареи. Способ продолжительного хранения энергии, который используют энергию радиоактивного распада некоторых изотопов. Такие батареи отличаются от химической высокой долговечности, так как период полураспада радиоактивных элементов может достигать сотен лет.

Кроме того, ядерные батареи в потенциале имеют достаточно высокую эффективность преобразования энергии, однако цена такого продукта может отталкивать потенциальных покупателей, так как элементная база в разы дороже, если сравнивать с производством простых никелевых батареек [2]. Затрагивая тему безопасности, можно сказать, что энергия должна получаться за счёт бета-распада частиц никель-63, что для использования в обычной жизни довольно безопасно, поэтому смысла в как таковом дополнительном утолщении корпуса нет, значит для корпуса хватает тонкого слоя металла.

Батарея размером примерно с монету представляет собой пластинку изотопа никель-63 толщиной 2 микрометра и электрический полупроводниковый преобразователь, состоящий из искусственного алмаза. Устройство включает два модуля преобразователя [3].

Батарея безопасна и не дает никакого внешнего излучения. После периода распада изотоп превращается в стабильный изотоп меди, который не является радиоактивным.

Принцип работы атомной батареи состоит в том, что в электрический ток преобразует энергию бета-распада. Для этого на излучатель, испускающий электроны, накладывают полупроводниковый слой искусственного алмаза, который захватывает электроны, высвобождаемые при распаде ядерного материала, замыкая электрическую цепь.

В отличие от химических батарей, таких как литий-ионные батареи, атомные батареи представляют собой физические батареи со значительно более высокой плотностью энергии: 1 грамм батареи способен хранить

3300 ватт-часов энергии [2]. Кроме того, в отличие от химических батарей, атомные батареи не склонны к возгоранию или взрыву при проколе или случайном повреждении. Кроме того, из-за своей 50-летней самогенерирующейся природы атомные батареи не ограничены сроком службы, как химические батареи, которые обычно имеют около 2000 циклов зарядки-разрядки.

Можем выделить следующие экологические преимущества атомных батареек:

- в процессе производства выгодно брать радиоактивные элементы из отходов АЭС, которые накапливаются в процессе эксплуатации графитовых стержней. Таким образом, частично можно решить проблему утилизации атомных отходов [4];
 - это крайне долговечный способ хранения энергии;
 - это надежный источник энергии, который может выйти из строя, разве что только при механическом воздействии;
 - простая конструкция по сравнению с другими, используемыми в очень узких отраслях;
 - энергетическая эффективность. Использование изотопа никель-63 может содействовать уменьшению общего энергопотребления в долгосрочной перспективе.

Источники

1. Технологии хранения энергии история появления и возможности [Электронный ресурс]. <https://istochnikienergii.ru/energetika/tehnologii-hraneniya-energii?ysclid=lsvk3r3uhj574952457> (Дата обращения: 12.02.2024).

2. Prototype nuclear battery packs 10 times more power [Электронный ресурс]. <https://phys.org/news/2018-06-prototype-nuclear-battery-power.html> (Дата обращения: 12.02.2024).

3. 100 лет без подзарядки [Электронный ресурс]. <https://strana-rosatom.ru/2019/05/21/100-let-bez-podzaryadki/> (Дата обращения: 12.02.2024).

4. Новые японские батарейки из алмазов и углерода-14 переживут владельца, его внуков и правнуков [Электронный ресурс]. <https://habr.com/ru/companies/selectel/articles/545046/> (Дата обращения: 21.02.2024).

МИКРОПЛАСТИК В ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ

Хадиева Алсу Рафисовна

Науч. рук. к-т. биол. наук, доцент Бариева Энза Рафаиловна,

ст. преп. Серазеева Елена Владимировна

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

hadieva2203@gmail.com

В статье рассмотрено влияние микропластика на водные экосистемы и их обитателей. Определены риски попадания в организм животных и человека. Рассмотрено несколько возможных решений для очистки водоёмов от мелких частиц пластика.

Ключевые слова: микропластик, водные ресурсы, адсорбирующие наноматериалы, водные экосистемы.

MICROPLASTIC IN AQUATIC ECOSYSTEMS

Khadieva Alsu R.

Scientific advisor Barieva Enza R., Serazeeva Elena V.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

hadieva2203@gmail.com

The article examines the effect of microplastics on aquatic ecosystems and their inhabitants. The risks of ingestion of animals and humans have been determined. Several possible solutions for cleaning reservoirs from small plastic particles have been considered.

Keywords: microplastic, water resources, adsorbing nanomaterials, aquatic ecosystem.

Пластиковые отходы представляют собой серьезную экологическую угрозу, оказывая значительное влияние на жизнь водных организмов и всю экосистему. Особую опасность доставляют не видимые вооруженным взглядом микроскопические фрагменты пластика, размер которых 5 миллиметров [1].

В свою очередь, эти частички делятся на два основных вида: первичный и вторичный. Первичный попадает в водоёмы после

использования в разных сферах промышленности, таких как косметика и бытовая химия. Вторичный микропластик образуется вследствие распада огромных пластмасс под воздействием внешних факторов, например солнечный свет, ветер и вода [2].

Микропластик оказывает значительное влияние на физико-химические свойства воды. Это может выражаться в изменении её запаха, расцветки и прозрачности, что, в свою очередь, снижает притягательность для людей и ограничивает ее использование в пищевой промышленности и прочих областях. Кроме того, он способен взаимодействовать с различными химическими соединениями, такими как тяжелые металлы и другие загрязнители, что приводит к изменению химического состава воды и увеличению концентрации загрязнителей.

Молекулы микропластика накапливаются в организмах водных обитателей, таких как рыбы и моллюски. Таким образом, они становятся одними из звеньев пищевой цепочки и двигаются непосредственно в организм человека. Из-за постепенного накопления в органах у людей могут возникать опухоли, нарушения сердечно-сосудистой системы, раковые заболевания [3].

Для того, чтобы решить проблему засорения водоёмов микропластиком, нужно принять срочные и эффективные меры по очистке воды. Например, собирать маленькие частички с помощью магнитов. Принцип работы включает в себя процесс добавления в воду специальный порошок. Адсорбирующие наноматериалы, содержащиеся в этом продукте, притягивают микропластик и растворенные загрязняющие вещества. В порошке присутствуют оксиды железа, с помощью которых можно эффективно собрать "добычу". Эксперты из Мельбурнского королевского технологического университета в Австралии рассказали, что этим порошком можно пользоваться снова, и так до 6 раз, а его эффективность снижается всего до 90% [4].

Ещё один способ ловли микропластика может стать робот-улитка, разработанный профессором Сонгваном Юнгом из Корнельского университета, США. В его основу заложено напечатанное на 3D-принтере гибкое полотно, что-то вроде ковровой дорожки, которое способно производить волновые движения. Под полотном располагается спираль, которая вращается в виде штопора, из-за чего создается колебание "дорожки" и образуется волна, при помощи которой захватывается микропластик [5].

Также спросом пользуются специальные сети или фильтры для сбора микрокапического пластика. Это подходит прибрежным зонам и рекам, где отходы из пластика могут скапливаться на поверхности или вблизи берега. Однако данный метод имеет свои минусы в виде неравномерного распределения микропластика и его присутствия на внушительных глубинах воды.

Биологическая очистка - еще одно решение проблемы. В этом случае используются микроорганизмы, которые могут поглощать пластмассу и разлагать их на компоненты, которые могут быть безопасно обработаны или удалены. Данный метод является более экологически безопасным, так как включает саму природу в борьбе с загрязнением.

Несмотря на то, что существует разнообразные способы технологии очистки микропластика в водных экосистемах, нельзя сказать, что они универсальные и действенные. Решение проблемы призывает единого подхода, включающего не только очистку, но и сокращение применения пластиковых материалов, повышение информированности и знаний со стороны общества, а также строгое наблюдение за утилизацией пластиковых отходов.

Источники

1. XXVII Всероссийского аспирантско-магистерского научного семинара, посвященного дню энергетика и 55-летию КГЭУ / Под общ. ред. ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллазянова. В 3 т.; Т. 1. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2023. – 611 с.

2. Трусов, М. С. Оценка и снижение воздействия микропластика на качество воды: методы обнаружения и очистки / М. С. Трусов // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 98-7. – С. 147-149. – DOI 10.18411/trnio-06-2023-394. – EDN SUFAYF.

3. Гмошинский И.В., Шипелин В.А., Хотимченко С.А. Микропластики в пищевой продукции: происхождение, свойства и возможные риски // Медицина труда и экология человека. 2022. №2.

4. Сбор микропластика при помощи магнитов. [Электронный ресурс]. <https://thecode.media/magnetic-material/> (дата обращения: 17.02.24)

5. Робот-улитка может подбирать микропластик в океанах. [Электронный ресурс]. <https://vs Luh.net/3224-robot-ulitka-smozhet-sobirat-mikroplastik-v-okeanah.html> (дата обращения: 17.02.24).

ТЕХНОЛОГИИ И МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ ОТ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА (CO₂)

Хайрутдинова Алина Ильдаровна

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Николаева Лариса Андреевна

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

khayrutdinova-99@mail.ru

В статье представлены и систематизированы результаты литературного обзора по существующим технологиям улавливания диоксида углерода.

Ключевые слова: диоксид углерода, изменение климата, технологии улавливания, абсорбция, адсорбция.

TECHNOLOGIES AND METHODS FOR PURIFYING GAS EMISSIONS FROM CARBON DIOXIDE (CO₂)

Khayrutdinova Alina I.

Scientific advisor Nikolaeva Larisa A.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

khayrutdinova-99@mail.ru

The article presents and systematizes the results of a literature review on existing carbon dioxide capture technologies.

Keywords: carbon dioxide, climate change, capture technologies, absorption, adsorption.

Рост уровня углекислого газа (CO₂), выделяемого в результате технологических процессов и производства энергии, является значительным и значимым источником выбросов парниковых газов. Это приводит к ряду негативных последствий, таких как повышение температур, изменение погодных условий, увеличение частоты и интенсивности экстремальных погодных явлений, рост уровня морей и другие изменения в экосистемах. Вследствие этого, потепление климата требует усиления экологизации не только лесопользования, но и лесовыращивания. Это осуществляется путем создания и выращивание искусственных насаждений, обладающих повышенными

углерододепонирующими, а заодно и связанными с ними кислородопродуцирующими свойствами [1].

Для снижения воздействия газовых выбросов на окружающую среду были разработаны различные технологии и методы очистки [2]:

1. Системы улавливания и хранения углекислого газа (CCS). Она направлена на снижение выбросов углекислого газа в атмосферу путем его захвата и последующего использования в различных промышленных процессах. Это позволяет предотвратить попадание углекислого газа в атмосферу и снизить его воздействие на климат.

2. Катализаторы. Катализаторы могут использоваться для преобразования углекислого газа в менее вредные соединения. Это может быть осуществлено с помощью химических реакций, которые изменяют структуру углекислого газа и превращают его в более безвредные продукты.

3. Одним из распространенных методов очистки от CO_2 является абсорбционный метод. Этот процесс основан на способности определенных веществ, называемых абсорбентами или растворителями, поглощать CO_2 из газовой смеси. К распространенным растворителям, которые рассматриваются в литературе и исследованиях, относятся аминные и карбонатные растворители, а также ионные жидкости.

4. Кроме вышеперечисленных способов существует и адсорбционный метод. В отличие от абсорбции, где CO_2 поглощается растворителем, при адсорбции углекислый газ улавливается поверхностями твердых материалов, называемых адсорбентами. Процесс адсорбции основан на принципе взаимодействия между CO_2 и поверхностью адсорбента.

К примерам адсорбентов, используемых для очистки газов от углекислого газа, относятся молекулярные сита, активированный уголь, полимеры и другие [3].

На выбор адсорбирующего компонента влияет множество причин, такие как: цена, качество эффективности и другие. Также важно учитывать условия процесса, такие как давление, температура и присутствие других компонентов газовой смеси.

Использование адсорбентов при очистке газов от углекислого газа на сегодняшний день является одной из основных задач. К потенциальным отходам энергетики, которые могут быть использованы в качестве адсорбентов для CO_2 , относятся зола и шлаки. Отходы, получаемые при сжигании угля, нефти или других видов топлива, могут содержать различные минеральные соединения, которые обладают адсорбционными

свойствами. Например, зола от угля может быть использована в качестве адсорбента для углекислого газа [4].

Перед использованием отходов энергетики в качестве адсорбента, необходимо провести дополнительные исследования и испытания, чтобы определить их эффективность, стабильность, возможность регенерации и применимость в промышленных масштабах. Основной выгодой от внедрения современных систем газоочистки является значительное снижение экологических рисков, связанных с выбросами загрязняющих веществ в атмосферу. Это позволяет совместно решать проблемы утилизации отходов и снижения выбросов CO₂ [5].

Источники

1. Алексеев В.В., Киселева С.В., Чернова Н.И. «Рост концентрации CO₂ в атмосфере – всеобщее благо» // Природа, No9, 1999 г.
2. Дубровин, Н. Ф., Руднев, В. В. (2011). Углекислый газ: проблемы выбросов и методы очистки. М.: Издательский дом "ГЕОТАР-Медиа".
3. Виноградов, В. А., & Воскресенский, В. А. (2010). Очистка выбросов углекислого газа на промышленных предприятиях. М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана.
4. Громов, А. Б. (2014). Очистка газовых выбросов в теплоэнергетике. М.: Наука и техника.
5. Шумский, В. А. (2017). Очистка газовых выбросов в промышленности. М.: Химия.

УДК 691-4

УТИЛИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ В РОССИИ

Хизбуллин Артем Робертович

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Николаева Лариса Андреевна

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

Khizbullin-Artem@mail.ru

В статье обсуждаются вопросы, связанные с утилизацией строительных отходов и возможности снижения нагрузки на окружающую среду в разрезе принятых в РФ национальных проектов, федеральных законов и других государственных актов. Актуальны вопросы о том, как и в каком объеме строительная и смежные отрасли

утилизируют строительные отходы, как при этом снижается нагрузка на окружающую среду и как в целом реализовать в полном объеме переработку строительных отходов. Все это является важной и актуальной проблемой для строительной отрасли, экологии и современного общества в целом.

Ключевые слова: строительные отходы, рециклинг, экология, утилизация, загрязнение окружающей среды.

CONSTRUCTION WASTE DISPOSAL IN RUSSIA

Khizbullin Artem R.

Scientific advisor Nikolaeva Larisa A.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

Khizbullin-Artem@mail.ru

The article discusses issues related to the disposal of construction waste and the possibility of reducing the burden on the environment in the context of national projects adopted in the Russian Federation, federal laws and other government acts. Relevant questions are how and to what extent the construction and related industries utilize construction waste, how the burden on the environment is reduced, and how, in general, the recycling of construction waste can be fully implemented. All this is an important and pressing problem for the construction industry, the environment and modern society as a whole.

Keywords: construction waste, recycling, ecology, recycling, environmental pollution.

Проблема утилизации строительного мусора в РФ находится в очень критическом состоянии, поэтому на государственном уровне инициирована важная национальная программа «Экология», разработанная в соответствии с Указом Президента РФ от 7 мая, 2018 г. «О национальных целях и стратегических задачах Российской Федерации на период до 2024 года», - направление «Отходы» [1].

Необходимо отметить одобренный Правительством РФ федеральный проект «Экономика замкнутого цикла», начавший свою важную миссию в 2022 году [2]. В представленный федеральный проект вошли несколько актуальных направлений, в частности, поэтапное сокращение строительных отходов, развитие оптимальной и дружественной инфраструктуры, связанные со сбором отходов для дальнейшей вторичной

переработки, выдача различного рода преференций предприятиям использующие отходы, уменьшение оборота неэкологической упаковки, внедрение системы по отслеживанию строительных отходов, распространение экологического образования среди населения (как направление создания экономики замкнутого цикла) [3].

Переработка строительных отходов является важным компонентом устойчивой экономики, поскольку она уменьшает количество отходов, которые необходимо утилизировать. Управление строительными отходами является сложной задачей, особенно в развивающихся странах, где недостаточно средств или обученного персонала для обеспечения эффективной утилизации отходов. В связи с этим издан документ, регламентирующий учет и расчет отходов, а именно Приказ Минстроя России от 21 апреля 2023 N 297/пр «Об утверждении Методики расчета показателя объема строительных отходов» [4]. Документ связан с отраслевой программой «Использование вторичных ресурсов, вторичного сырья из отходов в сфере строительства и жилищно-коммунального хозяйства на 2022 – 2030 годы», утвержденной заместителем Председателя Правительства РФ В.В. Абрамченко от 10 октября 2022 г. № 11795п-П11, разработанный в рамках паспорта федерального проекта «Экономика замкнутого цикла» [2,3].

Анализ переработки отходов в РФ показывает, что в строительной отрасли образуется более 80 млн тонн строительных отходов, переработке подвергается лишь 21% отходов, что является очень низким показателем.

Можно отметить пример эффективного рециклинга строительных отходов в РФ - это переработка каменной ваты, которую применяют для теплоизоляции и звукоизоляции зданий. Технологический процесс рециклинга построен таким образом, что переработка каменной ваты осуществляется вне зависимости от того, какой раз материал из каменной ваты проходит переработку. Можно сказать, что создан практически совершенный технологический процесс рециклинга с безотходным производством. К сожалению, не все строительные отходы перерабатываются должным образом, практически со 100% эффективностью.

Из аналитического исследования выяснилось, что переработкой каменной ваты в РФ осуществляет предприятие, что и производит данную продукцию. На территории России имеется четыре завода компании *ROCKWOOL*, которые перерабатывают каменную вату не только с

собственных производств, но и с других строительных площадок и производств. По подсчётам этого производителя, благодаря переработке каменной ваты, выбросы углекислого газа снижаются на 10%.

Внедрение эффективных решений по утилизации строительных отходов можно достичь существенного сокращения количества образующихся отходов и сохранить здоровье населения, и гарантируя, что никакие вредные материалы не попадут на свалки. Таким образом, рециклинг строительных отходов — это один из эффективных способов уменьшить или устранить зависимость от сырья, которое можно переработать, и создать новые продукты с минимальным выбросом углекислого газа.

Источники

1. Указ Президента РФ от 7 мая 2018 г. N 204 "О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года" (с изменениями и дополнениями). Указ Президента РФ от 7 мая 2018 г. N 204 "О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года". С изменениями и дополнениями от: 19 июля 2018 г., 21 июля 2020 г.

2. Федеральный проект «Экономика замкнутого цикла» на период 01.01.2022 по 31.12.2030 г. в рамках Государственной программы Российской Федерации "Охрана окружающей среды" (с изменениями Постановление Правительства РФ от 31.03.2020 № 397).

3. Паспорт Федерального проекта «Экономика замкнутого цикла»: <https://esg-library.mgimo.ru/sources/pravitelstvo-rossiyskoy-federatsii/>

4. Приказ Минстроя России от 21.04.2023 N 297/пр "Об утверждении методики расчета показателя "Доля отходов строительства, утилизированных, в общем объеме образованных отходов строительства".

МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОКОВ ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Нигаметзянова Суюмбика Нафиковна¹, Шишкина Елизавета Алексеевна²
Науч. рук. к-т. биол. наук, доцент Бариева Энза Рафаиловна,
ст. преп. Серазеева Елена Владимировна
^{1,2} ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
¹nigametzyanova2003@mail.ru, ²siskinaelizaveta150@mail.ru

В данной статье рассматривается влияние тяжелых металлов на организм человека, механизмы попадания этих веществ в сточные воды и методы удаления ионов тяжелых металлов из сточных вод.

Ключевые слова: тяжелые металлы, влияние на организм, методы очистки.

METHODS OF WASTEWATER TREATMENT FROM HEAVY METAL IONS

Nigametzyanova Syembika N.¹, Shishkina Elizaveta A.²
Scientific advisor Barieva Enza R., Serazeeva Elena V.
^{1,2}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
nigametzyanova2003@mail.ru¹, siskinaelizaveta150@mail.ru²

This article examines the effect of heavy metals on the human body, the mechanisms of ingestion of these substances into wastewater and methods for removing heavy metal ions from wastewater.

Keywords: heavy metals, effects on the body, purification methods.

Недостаточная очистка сточных вод позволяет тяжелым металлам проникать из поверхностных и подземных источников в систему водоснабжения, а уже затем они попадают в наш организм через питьевую воду. Элементы, которые являются вредными для организма, имеют свойство к биоаккумуляции, то есть к накапливанию в тканях и органах со временем. Непрерывное воздействие тяжелых металлов делает человека уязвимым для простуд, аллергий, мышечных болей, а также неврологических расстройств и онкологических заболеваний. Память ухудшается, проявляется вялость или нервозность, ослабляется иммунитет. Длительное воздействие этих веществ может привести к развитию

симптомов, сходных с болезнью Паркинсона, болезнью Альцгеймера или рассеянным склерозом [1].

Источниками поступления тяжелых металлов в сточные воды являются различные промышленные предприятия, такие как гальванические и машиностроительные заводы, предприятия горно-металлургической отрасли, включая те, которые занимаются обработкой цветных металлов, а также предприятия топливно-энергетического и химического производства. Стоки от гальванических и машиностроительных цехов подразделяются на типы в зависимости от состава загрязнений и их происхождения, такие как цианистые, хромсодержащие, кислотнo-щелочные. На предприятиях, где происходит обработка цветных металлов, содержатся различные тяжелые металлы (например, медь, цинк, никель, хром), серная и азотная кислоты, а также масла. В перечень загрязнителей, которые связаны с использованием электрохимических технологий, входят: железо, свинец, кадмий и никель[2].

Существует множество способов очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов. Самыми используемыми из них считают: физические, они подразделяются на седиментацию (осаждение) и механическое фильтрование (удаление крупных веществ на поверхности фильтроэлемента). Химические очистки делят на реагентное осаждение (реакция между химическими веществами и загрязнителями) и нейтрализацию (регулируете величину pH). В электрохимические методы очистки входят электрофлотация (удаление коллоидных примесей) и электроосаждение. Физико-химические методы разделяют на выпаривание, адсорбцию (самопроизвольное увеличение концентрации). Ионный обмен заключается в замене ионов тяжелых металлов на ионы в специальных смолах. Существуют и биологические методы, но они требуют дальнейшего изучения и исследований. Для успешной реализации процессов очистки необходимо тщательно проанализировать характеристики различных методов, их преимущества и ограничения, а также учитывать их применимость к конкретным сточным водам [3].

Каждый металл очищается по-разному. Например, очистка сточных вод от ионов Cr(VI) выполняется две стадии. Сначала происходит восстановление Cr(VI) до Cr(III), после чего Cr(III) выпадает в виде гидроксида. Для этого используют натриевые соли серной кислоты, они выступают в качестве восстановителей. Также существует несколько

методов химического удаления азота: хлорирование и озонирование. При хлорировании в сточную жидкость добавляют хлор, что приводит к реакции с аммонийными солями и образуются различные соединения, включая свободный азот. На практике так же существует метод удаления аммиака с применением озона. Озонирование рекомендуется, когда аммонийный азот переходит в нитратную форму [4]. Удаление железа из стоков может быть осуществлена фильтрацией (песок, уголь, мембранные фильтры), окислением (растворяют железо до формы, которая может быть легко удалена) или биологической очисткой (фильтры с биологическим слоем, активный ил). Считается, что чем тяжелее металл, тем он токсичнее из-за его склонности накапливаться в тканях организма и медленного вывода из него.

Очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов играет важную роль в улучшении состояния воды и уменьшении негативного воздействия на окружающую среду. Понимание и применение нужных методов может помочь в более эффективном удалении тяжелых металлов из сточных вод, что будет способствовать сохранению водных ресурсов и поддержанию экосистем водоемов.

Источники

1. Загрязнение воды тяжелыми металлами: опасность для водной среды, последствия и способы предотвращения[Электронный ресурс]. <https://rcycle.net/ekologiya/gidrosfera/zagryaznenie-vody-tyazhelymi-metallami-opasnost-dlya-vodnoj-sredy-posledstviya-i-sposoby-predotvrashheniya> (дата обращения:23.02.2024)

2. Очистка сточных вод от тяжелых металлов[Электронный ресурс].<https://www.vo-da.ru/articles/ochistka-ot-tyazholyh-metallov/istochniki-obrazovaniya> (дата обращения:24.02.2024)

3. Маунг Маунг Л. Разработка технологии очистки сточных вод от тяжелых металлов методами нанофильтрации и ионного обмена: диссертация кандидата технических наук: 05.17.18: Москва, 2018. - 117 с.

4. Ю. П. Перелыгин, О. В. Зорькина, И. В. Рашевская, С. Н. Николаева. Реагентная очистка сточных вод и утилизация отработанных растворов и осадков гальванических производств : учеб. Пособие. Пенза : Изд-во ПГУ, 2013. – 80 с.

SWOT-АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ ПРЕДЛОЖЕНИЙ ПО СНИЖЕНИЮ ЭКОСЛЕДА ГИДРОЭНЕРГЕТИКИ

Яковкина Ариана Викторовна

Науч. рук. к-т техн. наук, доцент Струмеляк Анатолий Владимирович

ФГБОУ ВО «БрГУ», г. Братск

arianahap@yandex.ru

Гидроэнергетика в России имеет существенные перспективы развития, но при этом наносит существенный вред биологическому разнообразию рек. В работе приведен SWOT-анализ применения усовершенствованной модификации электрической изгороди для рыбозащиты от высоконапорных плотинных гидроэлектростанций.

Ключевые слова: гидроэнергетика, рыбозащита, электроизгородь.

SWOT-ANALYSIS TECHNICAL PROPOSALS FOR REDUCING THE ECOLOGICAL FOOTPRINT OF HYDROPOWER

Yakovkina Ariana V.

Scientific advisor Strumelyak Anatoly V.

BrSU, Bratsk

arianahap@yandex.ru

Hydropower in Russia has significant development prospects, but at the same time causes significant harm to the biological diversity of rivers. The paper presents a SWOT analysis of the application of an improved modification of an electric fence for fish protection from high-pressure dam hydroelectric power plants.

Keywords: hydropower, fish protection, electric fence.

Один из вредных экологических факторов, сопровождающих плотинные гидроэлектростанции (ГЭС) на этапе эксплуатации, – это влияние на биологические ресурсы. Негативные воздействия ГЭС обусловлены:

- значительным снижением скорости течения водного потока;
- постоянным колебанием уровня воды водохранилища;

- неравномерное распределение температуры воды по глубине [1].

Ущерб от потери рыбопродукции на гидросооружениях, например, Братской ГЭС составляет 146т/год, на Богучанской ГЭС – 540т/год [2].

Согласно «Стратегии социально-экономического развития Иркутской области до 2036 года» (п.3.2.) [3], водный фонд и его ресурсы – национальное достояние России. Обеспечение их сохранности должны определять стратегическую направленность государственной политики в сфере водохозяйственного комплекса.

Таким образом, возникает необходимость проведения работ, направленных на сохранение биологических ресурсов рек. На основании анализа существующих способов рыбозащиты автором статьи была разработана модификация электроизгороди (ЭИ), применяемой в рыбном хозяйстве. Предполагается, что при расположении ЭИ вблизи водовода ГЭС она будет распространять в окружающее пространство электроимпульсы определенной частоты, безвредные для рыбы, но отпугивающие рыбу от водовода. Оснащение устройства рыбозащиты (УРЗ) сонаром позволит повысить его энергоэффективность, а также предотвратить привыкание у рыбы. Кроме того, разработанная система предполагает питание от солнечных панелей (СП), что делает ее автономной.

Для оценки эффективности применения модифицированной ЭИ и выявления внутренних и внешних факторов, связанных с достижением поставленной задачи, был произведен SWOT-анализ, представленный в виде таблицы.

SWOT-анализ применения УРЗ на крупных плотинных ГЭС

Технический аспект	
Сильные стороны	Отсутствие необходимости переоборудования плотины; малое потребление мощности и энергонезависимость при применении СП.
Слабые стороны	Вероятность вмерзания УРЗ в лёд; необходимость вывода питающих кабелей через плотину на верхний бьеф; налипание снега на СП.
Возможности	Реализация автономной работы УРЗ с помощью СП.
Угрозы	Отрыв устройства от плотины при шторме.
Экологический аспект	
Сильные стороны	Значительное снижение ущерба рыбному хозяйству; бесконтактный принцип действия, что исключает повреждение рыбы.
Слабые стороны	УРЗ защищает рыбу от попадания в водовод, но не защищает бентос, планктон, которые будут засасываться в водоводы.
Возможности	При оснащении сонаром УРЗ будет подавать сигналы непостоянно, а только при приближении к нему рыбы, поэтому не будет вызывать у рыбы привыкания; поддержание популяции ценных видов рыб.

Угрозы	При неправильном выборе амплитуды сигнала и частоты может наблюдаться гибель мальков; выход из строя или отключение УРЗ приведет к тому, что рыба снова будет попадать в водовод.
Экономический аспект	
Сильные стороны	Низкая стоимость УРЗ и его эксплуатации; повышение прибыли от добычи промысловых рыб.
Слабые стороны	Дополнительные капитальные вложения, обусловленные покупкой и монтажом УРЗ.
Возможности	Снижение штрафных санкций для предприятий гидроэнергетики за нарушение экосистемы водоёма; повышение энергоэффективности за счёт использования солнечных панелей для питания УРЗ.
Угрозы	Уменьшение поступления в областной и федеральный бюджет на экопрограммы за счёт уменьшения штрафных отчислений компаниями, эксплуатирующими плотинные ГЭС.
Социальный аспект	
Сильные стороны	Восстановление и сохранение ценных видов рыб; увеличение потребления рыбы местными жителями для собственных нужд; увеличение популяции промысловых видов рыб, в тех районах, где живут в основном за счет рыболовства.
Слабые стороны	Недоверие людей к электрическим импульсам, распространяющимся в воде.
Возможности	Положительный имидж энергокомпаний, внедряющих УРЗ.
Угрозы	Рост браконьерства, необходимость усиления рыбооханы.

Таким образом, результаты SWOT-анализа свидетельствуют о целесообразности применения ЭИ на плотинных ГЭС, т.к. сильные стороны и рассмотренные возможности преобладают над негативными моментами, при этом анализ слабых сторон позволит уделить им особое внимание при конструировании и внедрении УРЗ.

Источники

1. Особенности влияния водохранилища ГЭС на изменение климат районы окрестности. [Электронный ресурс]. <https://clck.ru/394xnd> (дата обращения 25.02.24).
2. Рыбоводно-биологическое обоснование на проведение работ по акклиматизации и воспроизводству ценных видов рыб в Богучанском водохранилище / Отчет ФГНУ «НИИЭРВ», руководитель В.А. Заделенов - Красноярск: Фонды ФГНУ «НИИЭРВ», 2009. - 99 с.
3. Проект стратегии социально-экономического развития Иркутской области до 2036 года. [Электронный ресурс]. <https://clck.ru/392seP> (дата обращения 27.02.24).

СЕКЦИЯ 9. БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА

УДК 614.8.086

ВЛИЯНИЕ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Баранов Денис Кириллович¹, Терехин Федор Сергеевич², Демин Никита Олегович³,
Тушков Алексей Дмитриевич⁴, Реутова Надежда Александровна⁵
Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Якшина Наталья Владимировна
^{1,2,3,4,5}ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,
г. Екатеринбург
¹denis.baranov@urfu.me, ²fedor.terekhin@urfu.me, ³n.o.demin@urfu.me,
⁴alexey.tushkov@urfu.me, ⁵n.a.reutova@urfu.ru

В статье рассматривается сущность магнитного поля постоянного тока, представлены примеры источников и профессии, подверженные его воздействию. Особое внимание уделено влиянию постоянного магнитного поля на организм человека, включая воздействие на центральную нервную систему, сердечно-сосудистую систему и опорно-двигательный аппарат. Также проанализировано воздействие постоянного магнитного поля на работоспособность человека.

Ключевые слова: постоянное магнитное поле, электротранспорт, медицина и здравоохранение, воздействие на здоровье, нормирование

THE EFFECT OF A CONSTANT MAGNETIC FIELD ON THE HUMAN BODY

Baranov Denis K.¹, Terehin Fedor S.², Demin Nikita O.³, Tushkov Aleksey D.⁴,
Reutova Nadezhda A.⁵
Scientific advisor Yakshina Natalya V.
^{1,2,3,4,5} UrFU, Ekaterinburg
¹denis.baranov@urfu.me, ²fedor.terekhin@urfu.me, ³n.o.demin@urfu.me,
⁴alexey.tushkov@urfu.me, ⁵n.a.reutova@urfu.ru

The article examines the essence of the DC magnetic field, provides examples of sources and professions affected by it. Special attention is paid to the effect of a permanent magnetic field on humans, including effects on the central nervous system, cardiovascular system and musculoskeletal system. The effect of a constant magnetic field on human performance was also analyzed.

Keywords: constant magnetic field, electric transport, medicine and healthcare, impact on health, regulation

Постоянное магнитное поле (ПМП) является одной из форм электромагнитного поля, источниками которого могут быть постоянные магниты, электромагниты, сильноточные системы постоянного тока. Постоянные магниты находят применение в приборостроении и других областях промышленности, используются в таких устройствах, как динамики, магнитные сепараторы, магнитогидродинамические генераторы и ядерный магнитный резонанс.

В настоящее время в связи с увеличением числа электрифицированных транспортных средств и инфраструктуры постоянного тока, а также с развитием систем аккумулирования энергии, ПМП оказывают все большее влияние на людей.

В различных видах электротранспорта максимальные уровни электромагнитных полей (мкТл) составляют:

- Трамвай: 500
- Троллейбус: 350
- Электромобили/гибридные: 140
- Электропоезд: 120
- Электрокар: 104
- Легкий электробус: 80

При этом максимальные значения индукции электромагнитного поля в салоне трамвая зафиксированы в зоне расположения сидений пассажиров в начале вагона слева по линии расположения токоведущих элементов, где находятся места для пассажиров с детьми и инвалидами [1].

В связи с расширением диапазона профессий, работники которых подвержены воздействию ПМП, в настоящее время проводятся исследования в отношении изучения воздействия данных полей на организм человека [2].

У медперсонала, использующего аппараты МРТ наблюдались отрицательные последствия воздействия постоянного магнитного поля, включая проблемы со сном, концентрацией внимания, боли в спине и другие симптомы [1]. ПМП воздействует на центральную нервную систему и визуальную чувствительность, что критически важно для хирургов [3,4]. Однако, отмечается, что ПМП имеет незначительное влияние на сердечно-сосудистую систему [5-7], за исключением возможного воздействия на людей с кардиостимуляторами [9].

ПМП сказывается на работоспособности человека [8]. При этом люди, использующие средства индивидуальной защиты в магнитном поле, показали лучшие результаты по сравнению с теми, кто не имел защиты.

Воздействие ПМП может оказывать и положительное влияние на костную ткань и метаболизм [10]. Исследования на животных и клинические

испытания подтверждают эффективность ПМП при лечении конкретных состояний, таких как переломы, несрастание костей после имплантации, остеопороз и остеоартрит [9]. Однако здесь стоит провести дополнительные исследования на предмет возможных рисков и побочных эффектов такого лечения.

Документом, нормирующим предельно допустимые уровни ПМП на рабочих местах, является СанПиН 1.2.3685-21.

На основе ограниченности существующих исследований и ограниченного объема доступных данных о воздействии постоянного магнитного поля (ПМП) на организм человека, выдвигается необходимость углубленного исследования в этой области.

Это необходимо не только для более полного понимания потенциальных эффектов, но и для формирования основы для разработки новых нормативных документов, регулирующих воздействие ПМП на человека.

В свете вышесказанного, возможно, потребуется пересмотр существующих нормативных документов с целью учета новых данных и обеспечения адекватной регуляции данного фактора в различных сферах, таких как здравоохранение, производство и технологии, с целью обеспечения безопасности и эффективного использования технологий, связанных с ПМП.

Источники

1. Ибраева Л. К. и др. Электросензитивность и нарушение здоровья // Медицина труда и экология человека. 2017. №. 3 (11). С. 49-59.
2. Ахметова А.Л., Семенова С.А. Влияние электромагнитных излучений на организм человека // XXVI Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный дню энергетика: Материалы докладов семинара. В 3-х томах, Казань, 06–07 декабря 2022 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Т.1. Казань: КГЭУ. 2023. С. 293-296
3. Ghadimi-Moghadam A. et al. Does exposure to static magnetic fields generated by magnetic resonance imaging scanners raise safety problems for personnel? // Journal of biomedical physics & engineering. 2018. Т. 8. №. 3. С. 333.
4. De Vocht F. et al. Neurobehavioral effects among subjects exposed to high static and gradient magnetic fields from a 1.5 Tesla magnetic resonance imaging system—a case-crossover pilot study // Magnetic Resonance in Medicine: An Official Journal of the International Society for Magnetic Resonance in Medicine. 2003. Т. 50. №. 4. С. 670-674.

5. Chakeres D. W. et al. Effect of static magnetic field exposure of up to 8 Tesla on sequential human vital sign measurements //Journal of Magnetic Resonance Imaging: An Official Journal of the International Society for Magnetic Resonance in Medicine. 2003. Т. 18. №. 3. С. 346-352.

6. Постоянное магнитное поле и его влияние на организм человека // Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения «центр гигиены и эпидемиологии в Оренбургской области» [электронный ресурс]. <https://orenfbuz.ru/news/postoyannoe-magnitnoe-pole-i-ego-vliyanie-na-organizm-cheloveka> (дата обращения: 20.12.2023).

7. Vogel E. E., Belmar N., Stockins B. Possible effects of oriented magnetic fields on human blood pressure //International Journal of Cardiovascular Sciences. 2022. Т. 35. С. 697-705.

8. Микита Г. И. и др. Влияние магнитного поля на показатели работоспособности человека-оператора в системе человек-машина //Транспортное дело России. 2022. №. 2. С. 155-158.

9. Yang J. et al. Evidence of the static magnetic field effects on bone-related diseases and bone cells //Progress in Biophysics and Molecular Biology. 2023. Т. 177. С. 168-180.

10. Орешина М. Н., Савенко Е. Ю. Исследования воздействия электромагнитных излучений на организм человека //Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021. №. 3. С. 342-347.

УДК 628.977

ВЛИЯНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПУЛЬСАЦИИ СВЕТИЛЬНИКОВ НА ВНИМАТЕЛЬНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА

Бикбова Зарина Маратовна, Чернов Давид Владимирович
Науч. рук. канд. хим. наук, доц. Филиппова Фарид Мизхатовна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
bikbova_zarina@bk.ru, davidchernov16@gmail.com

В данной статье рассматривается вопрос влияния коэффициента пульсации света на уровень внимательности человека, приводится анализ результатов проведенных экспериментов. В работе содержится информация о влиянии пульсаций света на человеческий организм, приводятся рекомендации по подбору оптимальных коэффициентов пульсации для различных типов помещений и видов деятельности. Описаны негативные последствия использования неправильного освещения, включая повышение риска несчастных случаев и снижение уровня концентрации внимания.

Ключевые слова: искусственный свет, естественный свет, освещенность, коэффициент пульсации.

INFLUENCE OF PULSATION RATIO OF LAMPS ON HUMAN ATTENTION

Bikbova Zarina M., Chernov David V.

Scientific advisor Filippova Farida M.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

bikbova_zarina@bk.ru, davidchernov16@gmail.com

This article discusses the influence of the light pulsation coefficient on the level of human attentiveness and provides an analysis of the results of the experiments. The work contains information about the effect of light pulsations on the human body, and provides recommendations for selecting optimal pulsation coefficients for various types of premises and types of activities. Negative consequences of using improper lighting have been described, including increased risk of accidents and decreased concentration levels.

Keywords: artificial light, natural light, illumination, pulsation coefficient.

Свет является одним из серьезных инструментов, влияющих на производительность и безопасность труда человека. Он оказывает огромное влияние на психику человека. Поэтому несоответствие нормативным требованиям основных параметров освещения в помещении может вызвать различные негативные последствия, начиная со снижения уровня концентрации внимания, заканчивая повышением риска несчастных случаев на производстве. Согласно исследованиям, проводимых Роспотребнадзором, доля производственных объектов с выявленными несоответствиями освещенности по гигиеническим требованиям за 2022 год составляет чуть более 10%. Это говорит о том, что на каждом 10-м объекте сохраняется высокий уровень вероятности возникновения аварийных ситуаций или несчастных случаев [1]. Поэтому вопрос влияния освещения на внимание работников на сегодняшний день остается актуальным. Более того, исследования в этой области становятся востребованными, поскольку правильно подобранный уровень освещения может снизить не только уровень усталости сотрудников, но и повысить производительность труда.

Нами было проведено исследование, в результате которого было выявлено, как коэффициент пульсации влияет на внимательность.

Исследования были проведены в утренние и вечерние часы в начале, в середине и в конце недели. Для сравнения выбрали два помещения с

различным освещением: люминесцентным, светодиодным и естественным светом. За основные измеряемые нами характеристики света были взяты: освещенность, яркость и коэффициент пульсации. Прибором, с помощью которого были произведены замеры на рабочих местах, был люксметр «RADEX LUPIN». При проведении замеров показателей света в каждом помещении на рабочем месте было замечено, что люминесцентное освещение имел коэффициент пульсации выше, чем светодиодное.

Метод проведения исследований по влиянию освещения на внимательность работника заключался в том, что группе из трех и более человек предлагали пройти таблицы Шульте и Шульте-Горбова, на которых в произвольном порядке были расположены числа от 1 до 25. Испытуемые отыскивали, показывали и называли числа в порядке их возрастания. Проба повторялась с пятью разными таблицами. Таблицы открывали и одновременно с началом задания включали секундомер [2]. Стоит ещё учесть, что оценка эффективности работы производилась с учетом возраста испытуемых. Например, эффективность работы намного выше у молодых испытуемых, нежели у более старшего поколения, а психическая устойчивость меняется в зависимости от времени суток и дня недели [3].

Также на эффективность работы влияли внешние факторы, такие как физические условия работы. Например, недостаточное освещение или яркий свет вызывали утомление глаз и затрудняли фокусировку внимания на задачах [4,5]; слишком высокая или слишком низкая температура в помещении вызывали дискомфорт и отвлекали от работы; недостаточная вентиляция или загрязненный воздух в помещении также негативно влияли на внимание и концентрацию.

На основе проведенной работы можно сделать следующие выводы:

1. Светодиодное освещение лучше влияет на показатели внимания, чем люминесцентное
2. Создание комфортных физических условий работы, учитывая освещение, уровень шума, температуру, и воздухообмен, может помочь повысить внимание и эффективность сотрудников, личные качества, состояние здоровья и т.д.
3. Результаты исследования могут быть полезны для специалистов в области светотехники, а также для руководителей организаций, стремящихся создать комфортные и безопасные условия труда для своих сотрудников.

Источники

1. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2022 году: Государственный доклад.

М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2023. 370 с.

2. «Внимание и работоспособность» [Электронный ресурс]. URL: <https://mydocx.ru/1-131029.html> (дата обращения: 08.03.2024).

3. Акчанов, А. И. Зависимость внимания человека от освещенности помещения / А. И. Акчанов, А. С. Калитов // Тинчуринские чтения - 2023 "Энергетика и цифровая трансформация": Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 26–28 апреля 2023 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Т. 1. Казань: КГЭУ. 2023. С. 678-681.

4. Шарипова Ф.И. Сравнительный анализ освещенности в учебных помещениях университета // XXVI Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный дню энергетика: Материалы докладов семинара. В 3-х томах, Казань, 06–07 декабря 2022 года /Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Т. 1. Казань: КГЭУ, 2023. С. 321-324.

5. Вихарева, А. А. Исследование влияния энергосберегающих и светодиодных ламп на работоспособность студентов / А. А. Вихарева, Н. И. Харисов // Тинчуринские чтения-2020 "Энергетика и цифровая трансформация": Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 28–29 апреля 2020 года. Том 1. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. С. 234-237.

УДК 629.039.58

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ТРУДА РАБОТНИКОВ СОТОВОЙ СВЯЗИ

Бортновская Анастасия Александровна ¹, Харисова Алина Денисовна ²,

Ташкинов Валерий Владимирович ³, Стахеев Сергей Александрович ⁴

Науч. рук., канд. физ.-мат. наук, доц. Якшина Наталья Владимировна

^{1, 2, 3, 4} ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г.

Екатеринбург, Свердловская область

¹ anastas.0303@mail.ru, ² harisova_alina2003@mail.ru, ³ tashkinov-v@list.ru,

⁴stakheev02@mail.ru

В статье приведены вредные и опасные производственные факторы для работников сотовой связи, а именно специалистов по монтажу и обслуживанию сотового оборудования, проведен анализ труда исследуемой категории работников.

Ключевые слова: сотовая связь, анализ условий труда, вредные и опасные производственные факторы.

ANALYSIS OF THE WORKING CONDITIONS OF EMPLOYEES OF CELLULAR WORKERS

Bortnovskaia Anastasia A. ¹, Harisova Alina D. ², Valery Tashkinov V. ³, Staheev Sergey A. ⁴

Scientific advisor Yakshina Natalya V.

^{1, 2, 3, 4} UrFU, Ekaterinburg, Sverdlovsk region

¹ anastas.0303@mail.ru, ² harisova_alina2003@mail.ru ³ tashkinov-v@list.ru,

⁴stakheev02@mail.ru

The article presents harmful and dangerous production factors for employees of cellular companies, namely specialists in the installation and maintenance of telecommunications equipment, and analyzes the labor of the studied category of workers.

Keywords: cellular communications, analysis of working conditions, harmful and dangerous production factors.

В настоящее время сотовая связь относится к наиболее технологически развитых отраслей как в России, так и во всем мире. За последние десятилетия произошло изменение нескольких поколений сотовой связи от 1G до 4G, ведутся активные разработки в области внедрения и нового, 5G, поколения.

Как и любая другая отрасль, сотовая связь нуждается в сотрудниках, а сейчас, в условиях кадрового голода этот вопрос выходит зачастую на первый план. По данным Всемирной организации здравоохранения, смертность от несчастных случаев на производстве занимает 3-е место после сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний [1]. Поэтому идентификация вредных и опасных производственных факторов и дальнейшая разработка мероприятий по обеспечению безопасности работников, является одной из приоритетных задач в нашей стране. Ведь уменьшение случаев травматизма и количества профзаболеваний безусловно может улучшить ситуацию с обеспеченностью кадрами.

По своему функционалу работников сотовой связи можно разделить на несколько категорий [2]. К первой относятся офисные работники (руководители, супервайзеры, специалисты по безопасности, юрисконсульты, работники бухгалтерии и т. п.), ко второй – работники обеспечения деятельности сотовых компаний (водители и ремонтники транспортных средств и т. п.), к третьей – работники по монтажу и сервису.

Условия труда и присущие им вредные и опасные производственные факторы для первых двух категорий достаточно хорошо изучены, они основываются на общепринятой базе для идентичных профессий, так как

специфика деятельности компаний практически не оказывает влияния на условия труда этих работников.

Третья категория персонала – работники по монтажу и сервису сотового оборудования – это электромонтеры, электромеханики, кабельщики-спайщики. Во время выполнения своих функциональных обязанностей эти работники подвержены воздействию более широкого спектра производственных факторов, характерных именно для данной сферы.

Для объективного представления присущих исследуемой категории работников условий труда и специфики, свойственной сфере сотовой связи, рассмотрим перечень вредных (ВПФ) и опасных (ОПФ) производственных факторов.

Работники по монтажу и сервису сотового оборудования работают в основном на открытой местности, которой присущи различные погодные условия: повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны, повышенные влажность и скорость движения воздуха. Таким образом, работники могут получить тепловой удар или, наоборот, гипотермию (переохлаждение всего организма), возможно охлаждение дыхательных путей, ухудшение видимости, также есть вероятность получить травмы вследствие высокой скорости движения воздуха. Последствия реализации таких опасностей могут быть различными, от недомогания, головной боли и головокружения до обострения различных заболеваний, в том числе сердечно-сосудистых.

К ВПФ, воздействующим на данную категорию работников, можно отнести повышенные уровни шума и вибрации, влияние неионизирующего излучения, воздействие которых может привести к ухудшению слуха, рассеянному вниманию, увеличению температуры тела и головным болям.

К химическим ВПФ относятся запыленность, загазованность, наличие вредных химических веществ в воздухе рабочей зоны, а также не газообразные высокоопасные вещества, контакт с которыми может привести к отравлению и вызвать тошноту, рвоту, потливость, нарушение координации движений, удушье из-за нехватки кислорода.

Биологические ВПФ – укусы насекомых и диких животных. Их воздействие может вызвать аллергические реакции, болевой шок, инфекционные заболевания, такие как бешенство, энцефалит и гельминтоз.

При выполнении своей трудовой деятельности данные работники совершают частые перемещения с грузом вручную, осуществляют постоянную ходьбу и работают стоя в течение всего рабочего дня. Такие факторы могут повлечь за собой физические перегрузки опорно-двигательного аппарата и суставов. Зачастую именно тяжесть трудового

процесса, которая определяется перечисленными выше параметрами обуславливает вредные условия труда [3].

Нужно отметить, что работники данной категории проводят работы на высоте, что является опасным производственным фактором, к которым, безусловно относится и повышенное напряжение электрической цепи.

Таким образом, для защиты жизни и здоровья работников отрасли сотовой связи, которая во многом определяет уровень развития страны, необходимо внедрять инновационные разработки в сфере техносферной безопасности, разрабатывать эффективные средства индивидуальной защиты опираясь на передовые исследования в области обеспечения безопасности труда и учитывая специфику деятельности работников данной отрасли.

Источники

1. Факты // Всемирная организация здравоохранения [Электронный ресурс] URL: <https://www.who.int/ru> (дата обращения: 01.12.2023).

2. Самарская Н.А., Ильин С.М. Профессиональные риски работников сферы телекоммуникаций и разработка предложений по их снижению // Экономика труда. 2022. Т. 9. № 11. С. 1899-1918.

3. Сводная ведомость результатов СОУТ ПАО «Ростелеком» Архангельский филиал. Company.rt.ru. [Электронный ресурс]. URL: https://www.company.rt.ru/upload/iblock/138/2022.08.10%20СЗ_Архангельский_Няндомы_Плесецк_Свод.pdf (дата обращения: 12.11.2023).

УДК 62-783.9

ИННОВАЦИОННОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ СНИЖЕНИЯ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ В ОТРАСЛИ ЦИФРОВОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Валюк Анастасия Сергеевна¹, Кузеев Дамир Радифович²
Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Аверьянова Юлия Аркадьевна
^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
¹anastasia.valyuk@mail.ru, ²kuzeev05@mail.ru

В этой статье мы рассмотрим проблему несчастных случаев, связанных с неправильным обращением с электроустановками в отрасли цифровой автоматизации электроэнергетики. Мы предлагаем инновационное устройство - электробезопасный индикатор (ЭБИ), которое обеспечивает контроль и безопасность при работе с

электроустановками. Внедрение ЭБИ позволит снизить количество несчастных случаев в отрасли цифровой автоматизации электроэнергетики.

Ключевые слова: электроэнергетика, цифровая автоматизация, несчастные случаи, безопасность, электробезопасный индикатор.

AN INNOVATIVE DEVICE FOR REDUCING ACCIDENTS IN THE DIGITAL AUTOMATION INDUSTRY OF THE ELECTRIC POWER INDUSTRY

Valyuk Anastasia S. ¹, Kuzeev Damir R. ²

Scientific advisor Averyanova Yulia A.

^{1,2} KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹anastasia.valyuk@mail.ru, ²kuzeev05@mail.ru

In this article, we will look at the problem of accidents related to improper handling of electrical installations in the digital automation industry of the electric power industry. We offer an innovative device - an electrical safety indicator (EBI), which provides control and safety when working with electrical installations. The introduction of EBI will reduce the number of accidents in the digital automation industry of the electric power industry.

Keywords: electric power industry, digital automation, accidents, safety, electrical safety indicator.

Современная электроэнергетика все больше внедряет цифровую автоматизацию для повышения эффективности работы энергосистем. Однако, увеличивается число несчастных случаев из-за неправильного обращения с электроустановками. Необходимы инновационные устройства, которые помогут предотвратить подобные инциденты и обеспечить безопасность работников [1, 2]. Тема инновационных устройств для снижения несчастных случаев в отрасли цифровой автоматизации электроэнергетики актуальна и требует дальнейших исследований и разработок.

Для снижения количества несчастных случаев в отрасли цифровой автоматизации электроэнергетики предлагается использовать инновационное устройство под названием «электробезопасный индикатор» (ЭБИ). ЭБИ - это компактное электронное устройство, которое можно установить на электроустановку для обеспечения контроля и безопасности при работе с ней.

ЭБИ имеет небольшие размеры и легко устанавливается на электроустановку. Он состоит из дисплея, на котором отображается текущее состояние электроустановки, а также кнопок управления. Для удобства использования, ЭБИ может быть выполнен в виде портативного устройства или интегрированного модуля. Он может применяться на различных типах электроустановок, включая электростанции, подстанции, распределительные пункты, электрические сети и другие объекты электроэнергетики. Устройство

предназначено для обеспечения контроля и безопасности при работе с электроустановками и может быть установлено как на новых, так и на существующих объектах.

ЭБИ обеспечивает надежную защиту от опасных ситуаций, связанных с электроустановками [3-4]. Данный индикатор предупреждает оператора о возможной опасности и позволяет принять необходимые меры для предотвращения несчастных случаев. Принцип работы ЭБИ основан на контроле электрического потенциала и тока в электроустановке. Устройство непрерывно выполняет мониторинг параметров и при обнаружении опасных значений автоматически предупреждает работника. ЭБИ настраивается на определенные параметры безопасности и генерирует сигналы при их превышении. Устройство автоматически предупреждает оператора о возможной опасности, например, с помощью звукового или светового сигнала, а также может отправить уведомление на мобильное устройство оператора.

ЭБИ способен обнаруживать такие опасные ситуации, как перегрузки, короткое замыкание, неисправности изоляции, утечка тока и другие. Благодаря этому оператор может принять необходимые меры предосторожности, чтобы предотвратить возможные аварии, пожары или поражение электрическим током.

Ключевые компоненты ЭБИ:

1. Дисплей для индикации текущего состояния электроустановки.
2. Кнопки управления работой устройства.
3. Механизмы безопасности, предупреждающие операторов о потенциальных опасностях.
4. Особенности установки для легкой интеграции как в новые, так и в существующие электроустановки.



Блок-схема ЭБИ

Внедрение ЭБИ в отрасль цифровой автоматизации электроэнергетики позволит снизить количество несчастных случаев и обеспечить безопасность работников. Устройство обеспечивает оперативное оповещение о возможной опасности и может быть интегрировано с другими системами мониторинга и управления. Таким образом, ЭБИ станет незаменимым инструментом для повышения эффективности и надежности работы энергосистем в отрасли цифровой автоматизации электроэнергетики.

Источники

1. Безопасность жизнедеятельности : учебное пособие / И. В. Лазарев, Н. А. Шайденко, М. С. Петрова [и др.] ; Министерство образования и науки Российской Федерации; ФГБОУ ВПО «Тульский государственный педагогический университет имени Л. Н. Толстого». Тула: Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого, 2016. 350 с.
2. Яковлева, Е. В. Система обеспечения электробезопасности на энергетических предприятиях / Е. В. Яковлева // XXVI Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный дню энергетика: Материалы докладов семинара. В 3-х томах, Казань, 06–07 декабря 2022 года /Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Том 1. Казань: КГЭУ, 2023. С. 327-330.
3. Мансуров О. И. Системы безопасности жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации машин, оборудования и механизмов в энергетике : дис. – М.: Рос. ун-т дружбы народов, 2004.
4. Бортновский В.Н., Отрощенко И.М. Безопасность жизнедеятельности человека: учебник. Минск: Вышэйшая школа, 2022. 215 с.

УДК 614.89

ДЕРМАТОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА КАК СРЕДСТВА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Галиулина Алина Радиевна¹, Яруллина Алина Айдаровна²
Науч. рук. канд. хим. наук, доц. Филиппова Фарид Мизхатовна
^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
¹galiulinaa8@gmail.com, ²alinayarullina@bk.ru

Производственные процессы энергетиков могут быть чреватые негативными последствиями, включающими кожные заболевания, именно поэтому особенно важно

использовать дерматологические средства индивидуальной защиты (ДСИЗ). В статье рассмотрено применение профессиональных ДСИЗ в энергетике и обоснована необходимость их использования.

Ключевые слова: ДСИЗ, профессиональные заболевания, энергетическая отрасль, защита, репелленты

DERMATOLOGICAL PRODUCTS AS PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT IN THE ENERGY SECTOR

Galiulina Alina R. ¹, Yarullina Alina A. ²

Scientific advisor Filippova Farida M.

^{1,2} KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹galiulinaa8@gmail.com, ²alinayarullina@bk.ru

The production processes of power engineers are fraught with negative consequences, including skin diseases, which is why it is especially important to use dermatological personal protective equipment (DPPE). The article considers the application of professional DRRE in the energy sector and substantiates the need for their use.

Keywords: DPPE, occupational diseases, energy industry, protection, repellents

В работе на энергетических предприятиях сотрудники сталкиваются с опасными физическими и химическими факторами, которые могут привести к травмам и заболеваниям. Например, профессиональный дерматоз – один из самых распространенных заболеваний, связанных с трудовой деятельностью.

Как правило, ДСИЗ разделяют на 3 категории: защитные, очищающие и регенерирующие средства. Также есть отдельная категория ДСИЗ - репелленты [1].

Средства и виды защиты, которые необходимы для работников энергетической сферы:

1. Средства антиперспирантного и антисептического эффекта.

Использование специального крема для рук при работе в перчатках помогает решить проблему потоотделения и роста микроорганизмов на коже рук при работе в перчатках. Эти средства можно разделить на две группы: с антиперспирантным и антисептическим эффектами. Например, компания «Снинкеа» выпускает данные средства с такими эффектами.

Антиперспиранты помогают справиться с потоотделением за счет содержания в составе соли алюминия или алюминий-циркониевый комплекс. В зависимости от формы выпуска, содержание солей алюминия может варьироваться от 10 до 30%.

Антисептические средства широко применяются для предотвращения размножения вредоносной микрофлоры на руках, используются до и после работы в перчатках. Однако, частое использование может нарушить местный иммунитет кожи и снизить ее защитные свойства.

2. Репеллентные средства. Во время работы на улице работники могут быть укушены клещами и насекомыми. Репеллентные средства фирмы «ДЭТА» отлично справляются с комарами, клещами, кусачими мухами, блохами и прочими насекомыми [2].

3. Гидрофильные, гидрофобные и комбинированные средства. Работники энергетических предприятий часто сталкиваются с различными загрязнениями, такими как нефть, масляные краски, металлическая пыль и т.д. Очищающие пасты являются эффективным способом борьбы с этими загрязнениями. При работе с агрессивными водорастворимыми и водонерастворимыми материалами необходимо использовать защитную продукцию с гидрофильным, гидрофобным или комбинированным действием.

Любая линейка ДСИЗ, состоящая из средств защиты, очищения и регенерации, создают защитный слой на поверхности кожи, предотвращая попадание вредных частиц и облегчая удаление загрязнений. Современные ДСИЗ отличаются высокой эффективностью и проверенным составом.

Также существуют и другие производители, такие как «Приматерра», «Серволин», «Элен» и «Армакон» [3].

Также существует две методики определения эффективности ДСИЗ: метод А (с применением чистящего устройства) и метод Б (ручной метод). В двух методах рассматриваются загрязнения трех видов (неустойчивое, устойчивое и особо устойчивое), а также три средства с составом, зависящим от загрязнения.

1. Метод А основан на том, что 3 сегмента загрязненной искусственной кожи и один сегмент чистой кожи подготавливают и вставляют в кассету чистящего средства, предварительно нанеся испытуемый ДСИЗ. Далее запускают чистящее средство и по окончании его работы промывают их водой и сушат в сушильном шкафу. Также, с помощью специального прибора определяют коэффициенты отражения загрязненного сегмента после очистки испытуемым ДСИЗ и после очистки средством сравнения. И исходя из этих трёх показателей высчитывается направленная эффективность испытуемого ДСИЗ.

2. Метод Б отличается лишь тем, что все сегменты искусственной кожи делят на две равные стороны: одна для испытуемого средства ДСИЗ, вторая – средство сравнения. Очищение происходит вручную несколькими способами: круговые движения с амплитудой не более 2-3 см без давления, возвратно-

поступательные движения руками в направлении обеих осей брусков. Далее все процессы происходят, как и в методе А.

За результат определения принимают среднее арифметическое значение результатов четырех параллельных определений, абсолютно допустимое расхождение между ними не должно превышать 6%. Если показатель получился менее 90%, то средство считается неэффективным, 90-110% - II категория, 101-115% - I категория, более 116% - высшая категория.

Для достижения наилучших результатов при использовании дерматологических средств индивидуальной защиты рекомендуется применять сбалансированную трехступенчатую систему, включающую защитные, очищающие и регенерирующие средства. Правильно составленная программа профилактики кожных заболеваний поможет улучшить условия труда работников и снизить риск возникновения заболеваний, связанных с воздействием вредных производственных факторов.

Источники

1. ГОСТ Р 12.4.301-2018 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства индивидуальной защиты дерматологические. Общие технические условия.

2. Иванова, Н. И. Репелленты: особенности подбора и применения / Н. И. Иванова // Электроэнергия. Передача и распределение. 2021. № 3(66). С. 138-139.

3. НИЦ АРМАКОН. Предотвратить и обезвредить: актуальные тенденции в охране промышленного труда // Горная промышленность. 2018. № 5(141). С. 84.

УДК 621.316.93

ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В СФЕРЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

Гиматдинов Руслан Рафаилович ¹, Шипиловских Никита Александрович ²,
Щербенев Николай Андреевич³

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Аверьянова Юлия Аркадьевна

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «КГЭУ» г. Казань, Республика Татарстан

¹ruhusrum@gmail.com, ²retman41@mail.ru, ³kolasi0978@mail.ru

В данной статье проводится обзор важных аспектов обеспечения безопасности жизнедеятельности в электроэнергетике при автоматизации процессов. Рассматриваются

процедуры и требования при автоматизации. Подчеркивается важность соблюдения стандартов безопасности для предотвращения аварий и обеспечения непрерывности работы электроэнергетики.

Ключевые слова: безопасность, жизнедеятельность, электроэнергетика, автоматизация процессов, энергетические системы, стандарты безопасности, аварии, непрерывность работы.

INDUSTRIAL SAFETY IN THE ELECTRIC POWER INDUSTRY WHEN USING AUTOMATED SYSTEMS

Gimatdinov Ruslan R.¹, Shipilovskikh Nikita A.², Shcherbenev Nikolai A.³

Scientific advisor Averyanova Yulia A.

^{1,2,3}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹ruhuruhum@gmail.com, ²retman41@mail.ru, ³kolasi0978@mail.ru

This article provides an overview of important aspects of life safety in the electric power industry when automating processes. It discusses the basic principles and methods of ensuring safety when working with power systems, as well as the role of personnel training and the use of modern technologies in this process. The authors emphasize the importance of strict adherence to safety standards to prevent accidents and ensure the continuity of the electric power industry.

Keywords: safety, life safety, electric power industry, process automation, power systems, safety standards, personnel training, technology, accidents, continuity of operations.

В современных условиях все большее внимание уделяется безопасности жизнедеятельности в электроэнергетике, особенно в контексте автоматизации процессов. Электроэнергетика является ключевой отраслью, на которую надеется работа многих других отраслей экономики. Поэтому важно обеспечить сохранность и эффективность работы энергосистем с учетом автоматизированных процессов [1-3].

Процедуры и требования безопасности при автоматизации процессов в электроэнергетике регулируются специальными нормативными документами, такими как Приказ Минэнерго России от 4 октября 2022 г. № 1070 "Об утверждении Правил безопасности при автоматизации процессов в электроэнергетике". В этом Приказе определяются обязательные требования к оборудованию, процедурам безопасности, а также порядку обучения персонала.

Примеры конкретных требований из Приказа № 1070:

- Обязательное наличие системы автоматического отключения оборудования в случае возникновения аварийной ситуации.

- Проведение ежеквартальной проверки работоспособности аварийного управления и сигнализации.

- Проведение обучения персонала по безопасной эксплуатации электрооборудования не реже одного раза в год.

В настоящее время были приняты наиболее важные решения по обеспечению безопасности жизнедеятельности при автоматизации процессов в электроэнергетике:

1. Установленные обязательные требования к оборудованию для обеспечения безопасности при эксплуатации автоматизированных систем в электроэнергетике.

2. Проведение обязательных мероприятий по обеспечению безопасности при автоматизации, включая проверку исправности электрооборудования, эксплуатационные испытания и контроль за его состоянием.

3. Определение порядка обучения персонала, работающего с автоматизированными системами, по безопасной эксплуатации оборудования и проведению необходимых мероприятий [4-5].

Важность безопасности жизнедеятельности при автоматизации процессов электроэнергетической отрасли поднималась раньше довольно часто. Вследствие это стало необходимостью для полного рассмотрения и вынесения решений по контролю и обеспечению надежности в данной сфере. Было принято много очень важных решений, но даже сейчас нужно продолжать анализ и вносить коррективы, вводить новые методы по предотвращению несчастных ситуаций [6].

Источники

1. Швец Н. Н. Современные проблемы обеспечения энергетической безопасности России в сфере электроэнергетики и пути их решения // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2013. Т. 9, № 31(220). С. 9-16.

2. Юрченко Т. И., Рыхликов К. В. Безопасность в техносфере: Решение проблем в области безопасности жизнедеятельности и здоровья человека // Актуальные проблемы безопасности жизнедеятельности и здоровье сбережения: II Всероссийская научно-практическая конференции: сборник материалов. Комсомольск-на-Амуре, 22 ноября 2023 года. Комсомольск-на-Амуре: Амурский гуманитарно-педагогический государственный университет, 2023. С. 257-260.

3. Пигилова Р.Н., Малышева Т.В., Аверьянова Ю.А., Филиппова Ф.М. Статистический анализ аварийности на производстве в результате некорректного функционирования системы энергообеспечения предприятия // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2023. Т. 25, № 2(112). С. 27-33.

4. Пачурин Г. В., Миндрин В. И., Филиппов А. А. “Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств”, “Автоматизация технологических процессов и производств (машиностроение)”. Старый Оскол: ООО «Тонкие наукоемкие технологии», 2017. 192 с.

5. Мифтиев Д. З., Мифтиев Р. Д. Анализ проблем безопасности жизнедеятельности человека при эксплуатации и техническом обслуживании ВЛЭП // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 3-1. С. 96-99. Приказ Минэнерго России от 4 октября 2022 г. № 1070.

6. Пачурин Г. В., Миндрин В. И., Филиппов А. А. Безопасность эксплуатации промышленного оборудования и технологических процессов: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям “Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств”, “Автоматизация технологических процессов и производств (машиностроение)”. Старый Оскол: ООО «Тонкие наукоемкие технологии». 2017. 192 с.

УДК 612.014.45

ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ШУМА НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Жексенбекова Анель Данияровна

Науч. рук. канд. хим. наук, доц. Филиппова Фарид Мизхатовна

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

nno06196@gmail.com

В данной статье рассматривается влияние производственного шума на умственную и на физическую работоспособность человека, а также методы снижения его негативного воздействия на здоровье и безопасность человека.

Ключевые слова: производственный шум, работоспособность, здоровье, методы защиты.

THE IMPACT OF INDUSTRIAL NOISE ON PERFORMANCE IN PRODUCTION

Zhexenbekova Anel D.

Scientific advisor Filippova Farida M.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

nno06196@gmail.com

This article examines the impact of industrial noise on human mental and physical performance, as well as methods to reduce its negative impact on human health and safety.

Keywords: industrial noise, efficiency, health, protection methods.

Шум – это беспорядочное сочетание звуков, возникающих в результате работы различного оборудования, инструментов, механизмов и транспортных средств [1].

Шум на производстве может вызвать многочисленные проблемы со здоровьем у работников. Во-первых, это может привести к потере слуха, особенно при постоянном воздействии громких звуков. Во-вторых, он может быть причиной повышенной утомляемости в связи с невозможностью сосредоточения и расслабления. Бессонница также является частым последствием воздействия шума, так как он может мешать засыпанию и нарушать качество сна. В-третьих, он снижает концентрацию и внимание, что может негативно сказаться на производительности труда [2]. В целом, поддержание комфортного уровня шума на рабочем месте является важной задачей для обеспечения благополучия и здоровья работников. Но все же влияние производственного шума как вредного производственного фактора неоспоримо: по данным Росстата за 2022 год более трети работников, ведущих трудовую деятельность, находятся под воздействием повышенного уровня производственного шума [3]. А удельный вес объектов, на которых выявлено несоответствие этого параметра требованиям гигиенических нормативов за последние 10 лет неизменно снижается, но все равно остается достаточно высоким. К примеру, с 2013 года он снизился с 20,7% до 10,0%. И, безусловно, среди всех физических факторов, которые являются причиной почти половины всех случаев профессиональных заболеваний, в 2022 году максимальная доля принадлежит шумовому воздействию. Это достаточно внушительное значение, если учесть, что число рабочих мест, не соответствующих нормативам по уровню шума за последнее десятилетие сократилось практически более чем, в 4,5 раза [4]. В связи с этим работа по

снижению производственного шума и совершенствование методов защиты от него весьма востребованы.

Для улучшения физической работоспособности важно установить звукоизоляцию в помещениях [5]. Это помогает уменьшить проникновение внешнего шума и звуковых колебаний, создавая более спокойную и комфортную обстановку. Также для улучшения физической работоспособности можно использовать наушники или беруши для защиты от данного вредного производственного фактора. Помимо этого, для снижения шума можно произвести перераспределение рабочих мест в помещении. Например, размещение рабочих мест вдали от его источников или использование перегородок для создания зон отдыха. Кроме того, использование звукопоглощающих материалов, таких как специальные звукопоглощающие панели и подвесные потолки, способствует уменьшению отражения звука в помещении.

Умственная работоспособность также может быть снижена из-за влияния постоянного шума, поэтому важно принимать меры для его уменьшения. Для улучшения умственной работоспособности важно создать тихое и спокойное рабочее окружение. Кроме того, необходимы регулярные перерывы и отдых от шума для восстановления умственной энергии, что можно обеспечить закрытием дверей, проведением медитации или просто уединением. Важно обеспечить себе достаточное количество сна, поскольку шум также может мешать качественному сну, что в конечном итоге может привести к еще большему ухудшению умственной работоспособности.

Влияние производственного шума на работоспособность на производствах имеет огромное значение для здоровья и безопасности работников. Его негативное воздействие на умственное и физическое состояние человека может привести к снижению производительности труда, увеличению количества ошибок и несчастных случаев. Поэтому необходимо принимать меры по уменьшению производственного шума [6], проводить специальные акустические изыскания, использовать звукопоглощающие материалы и средства индивидуальной защиты. Это позволит поддерживать оптимальные условия труда, обеспечивая работникам комфортные условия труда и повышая общую эффективность производства.

Источники

1. Окунев А.А. Шум в производственных помещениях и его влияние на человека // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5-2. С. 105-106.

2. Алиев Я.А., Ильясов О.Р. Влияние производственного шума на здоровье работника // Молодежь и наука. 2023. № 2. С. 32-34.

3. Труд и занятость в России. 2023: стат.сб./Росстат. Т78 М., 2023. 180 с. [Электронный ресурс]. https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Trud_2023.pdf (дата обращения: 08.03.2024).

4. О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2022 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2023. 368 с. [Электронный ресурс]. <https://www.rosпотребнадзор.ru/upload/iblock/b50/t4kqksh4b12a2iwjnha29922vu7naki5/GD-SEB.pdf> (дата обращения: 08.03.2024).

5. Лонский О.В. Проблемы и перспективы борьбы с шумом на производстве // Научные исследования и инновации. 2013. Т. 7, № 1-4. С. 64-68.

6. Сазонов Е.А. Возможности и препятствия применения технологии активного шумоподавления на производстве //XXV Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный Дню энергетика: Материалы конференции. В 3-х томах, Казань, 07–08 декабря 2021 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Т.1. Казань: КГЭУ, 2022. С. 376-378.

УДК 159.944

ОКУЛЯРНЫЙ МИКРОТРЕМОР И КОНТРАСТНАЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ ПРИ КОГНИТИВНОМ УТОМЛЕНИИ

Медведева Анастасия Сергеевна

Науч. рук. д-р биол. наук, проф. Шошина Ирина Ивановна

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург

avemds@mail.ru

Когнитивное утомление – это психофизиологическое состояние, характеризующееся снижением умственной работоспособности и повышенным ощущением усталости. Изучение этого состояния имеет актуальность в контексте повышения безопасности и производительности труда, особенно в тех областях, где требуется высокая концентрация внимания. Такие технологии, как айтрекинг и электроокулография, всё чаще используются для объективной оценки утомления, однако отмечается недостаток исследований, где бы использовалась регистрация окулярного микротремора. Именно поэтому данное исследование посвящено изучению окулярного микротремора, а также контрастной чувствительности при когнитивном утомлении. Был проведён эксперимент, где в качестве задачи, вызывающей утомление, было выбрано

решение математических примеров в уме в течение одного часа. Окулярный микротремор и контрастная чувствительность измерялись в неустоленном состоянии – до начала эксперимента и после – в утомленном состоянии. Предполагается, что при утомлении будет наблюдаться снижение контрастной чувствительности в средних пространственных частотах, а также увеличение амплитуды микротремора. Результаты этого исследования обеспечат понимание физиологических механизмов утомления, а также быть применены в целях повышения безопасности и производительности труда на предприятиях.

Ключевые слова: когнитивное утомление, утомление, окулярный микротремор, контрастная чувствительность, умственная работоспособность, продуктивность, усталость.

OCULAR MICROTREMOR AND CONTRAST SENSITIVITY UNDER COGNITIVE FATIGUE

Medvedeva Anastasiia S.

Scientific advisor Shosina Irina I.

Saint Petersburg State University, Saint Petersburg

avemds@mail.ru

Cognitive fatigue can be defined as a psychophysiological condition characterized by a decrease in cognitive performance and an increased perception of fatigue. Technologies as eye-tracking and electrooculography are increasingly used to objectively assess fatigue. However, there exists a gap in research on ocular microtremor. This study focuses on investigating ocular microtremor, as well as contrast sensitivity under cognitive fatigue. Mental calculations for one hour are used as a fatigue-inducing task in this experiment. Ocular microtremor and contrast sensitivity are measured in non-fatigued state – before the beginning of the experiment, and after – in fatigued state. It is assumed that under fatigue there will be a decrease in contrast sensitivity of intermediate spatial frequencies, as well as an increase in the amplitude of ocular microtremor. This study's findings hold promise for understanding physiological mechanisms of fatigue, developing effective methods of its detection and enhancing worker's safety and productivity.

Keywords: cognitive fatigue, fatigue, ocular microtremor, contrast sensitivity, cognitive performance, productivity, perceived fatigability.

Когнитивное (умственное) утомление – это психофизиологическое состояние, вызванное выполнением когнитивной задачи, характеризующееся снижением умственной работоспособности и повышенным ощущением умственной усталости [1]. Это одно из ключевых состояний, влияющих на эффективность работников самых различных профессий. Изучение когнитивного утомления имеет актуальность в контексте повышения

безопасности и производительности труда, особенно в тех областях, где требуется высокая концентрация внимания.

Для выявления показателей утомления в настоящее время всё большую популярность приобретают технологии регистрации движений глаз, например, айтрекинг и электроокулография [2], считающиеся объективными методиками для оценки наличия или отсутствия этого состояния. Однако при обилии исследований, изучающих показатели глазных движений, на текущий момент наблюдается недостаток таких, где изучаемой характеристикой являлся бы окулярный микротремор – мелкоамплитудные, высокочастотные непроизвольные колебания глаз в момент фиксации [3]. Отсутствие таких данных, прежде всего, связано с техническими сложностями регистрации окулярного микротремора (ОМТ), так как разрешающей способности современных айтрекеров для его фиксации недостаточно. Разработанный коллективом авторов метод скоростной видеорегистрации ОМТ [4], [5] открывает возможности для его широкого использования, в том числе, для оценки когнитивного утомления. Настоящая работа посвящена исследованию ОМТ и связанной с ней, согласно теории треморного модуляционного сигнала [6], функции контрастной чувствительности – фундаментальной характеристики зрительного восприятия человека, отражающей способность к восприятию контраста [7].

Целью работы является исследование показателей окулярного микротремора и контрастной чувствительности при когнитивном утомлении.

Решение математических примеров было выбрано как задание, способное вызвать у участника эксперимента когнитивное утомление. В течение 60 минут эксперимента чередуются 10-минутный блок с решением примеров и 2-минутный – с заполнением опросника NASA-TLX о когнитивной нагрузке. За 24 часа до начала эксперимента участники воздерживаются от принятия кофеино- и алкосодержащих напитков, а также от курения, чем исключается влияние стимулирующих веществ на нервную систему. Уровень сонливости контролируется опросником Karolinska Sleepiness Scale (KSS), отсутствие профессионального выгорания – опросником профессионального выгорания Маслач (MBI), отсутствие депрессивных состояний – шкалой депрессии Бека (BDI). Утомление оценивается как с помощью субъективной методики – заполнения Visual Analogue Scale to Evaluate Fatigue Severity (VAS-F), так и с помощью объективных – выполнения корректурной пробы (вариант кольца Ландольта) и задачи на простую зрительно-моторную реакцию. Эти методики, так же как регистрация контрастной чувствительности методом визоконтрастометрии и измерение окулярного микротремора с помощью высокоскоростной

видеосъемки, выполняются дважды: до решения примеров и после решения примеров в уме в течение часа.

В данный момент эксперимент находится на финальном этапе сбора данных. Предполагается, что при утомлении будет происходить снижение контрастной чувствительности в диапазоне средних пространственных частот и повышение амплитуды окулярного микротремора. Первичный анализ данных и результаты, полученные ранее при оценке утомления водителей [4], а также в условиях «сухой» иммерсии [8], подтверждают гипотезу исследований.

Исследование имеет практическую ценность, так как предлагает эффективный метод обнаружения когнитивного утомления, обеспечивает понимание физиологических механизмов этого состояния, а его результаты могут быть применены в целях повышения безопасности и производительности труда на предприятиях.

Источники

1. Behrens M. et al. Fatigue and human performance: an updated framework // *Sports medicine*. 2023. Т. 53. №. 1. С. 7-31.
2. Bafna T., Hansen J. P. Mental fatigue measurement using eye metrics: A systematic literature review // *Psychophysiology*. 2021. Т. 58. №. 6. С. e13828.
3. Graham L. et al. Ocular microtremor: a structured review // *Experimental Brain Research*. 2023. Т. 241. №. 9. С. 2191-2203.
4. Lyapunov S.I., Shoshina I.I., Lyapunov I.S., Tremorial Eye Vibrations as an Objective Marker of the Driver Fatigue // *Human Physiology*. 2022. Т. 48. №. 1. С. 1-8.
5. Shoshina I. et al. Optical registration of eye microtremor: results and potential use // *Procedia Computer Science*. 2023. Т. 225. С. 3832-3838.
6. Ляпунов С. И. Реакция зрительной системы на синусоидальную волну для различных внешних условий // *Оптический журнал*. 2018. Т. 85. №. 2. С. 48-54.
7. Муравьева С. В. и др. Контрастная чувствительность зрительной системы человека // *Экспериментальная психология*. 2010. Т. 3. №. 3. С. 5-20.
8. Шошина И. И. и др. Контрастная чувствительность зрительной системы в условиях «сухой» иммерсии // *Биофизика*. 2020. Т. 65. №. 4. С. 798-803.

ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОХРАНЫ ТРУДА НА ПРЕССОВО-РАМНОМ ЗАВОДЕ ПАО «КАМАЗ»

Салимгараева Ильсина Ильгизаровна ¹, Гильмутдинова Камиля Раилевна ²

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Гайнуллина Лейсан Раисовна

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹ ilsina26032004@gmail.com, ² kamilyagilmutdinova0801@gmail.com

В статье рассматриваются особенности обеспечения охраны труда на прессово-рамном заводе ПАО «КАМАЗ». Рассматривается роль и функции службы охраны труда, основные виды профилактических мероприятий и контроль за их выполнением.

Ключевые слова: охрана труда, безопасность жизнедеятельности, мероприятия по охране труда.

FEATURES OF ENSURING LABOR PROTECTION AT THE PRESS-FRAME PLANT OF KAMAZ PJSC

Salimgarayeva Ilsina I. ¹, Gilmutdinova Kamila R. ²

Scientific advisor Gainullina Leysan R.

^{1,2} KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹ ilsina26032004@gmail.com, ² kamilyagilmutdinova0801@gmail.com

The article discusses the features of ensuring labor protection at the press-frame plant of KAMAZ PJSC. The role and functions of the labor protection service, the main types of preventive measures and control over their implementation are considered.

Keywords: labor protection, life safety, labor protection measures.

Прессово-рамный завод ПАО «КАМАЗ» реализует прессовое производство, производство малых серий и оригинальных деталей, сварочно-окрасочное производство, производство изготовления лонжеронов. Прессовое производство специализируется на изготовлении деталей методом штамповки (в том числе с нагревом), что является основным производством предприятия.

Прессовое производство и производство малых серий и оригинальных деталей относятся к категории наиболее травмоопасных производств. Самые распространенные причины травм в цехах данных производств –

нарушение требований охраны труда при эксплуатации кузнечно-прессового оборудования [1].

Под охраной труда, согласно ст.209 Трудового кодекса от 30.12.2001 №197-ФЗ (ТК), понимается система актов и соответствующих им мероприятий, цель и задачи которых сводятся к сохранению жизни и здоровья работников и обеспечению безопасных условий труда [2].

На прессово-рамном заводе ПАО «КАМАЗ» организованы службы охраны труда и пожарной безопасности, в состав которой входят бюро охраны труда и безопасности движения и бюро пожарной безопасности, организующие и контролирующей деятельность структурных подразделений по вопросам охраны труда и пожарной безопасности.

Одним из главных пунктов политики в области охраны труда и промышленной безопасности на ПРЗ является обеспечение приоритета сохранения жизни и здоровья персонала прессово-рамного завода при производстве, а также обеспечение соблюдения законодательных и иных нормативно-правовых актов по охране труда РФ [1, 3]

Основными вредными факторами на производстве являются: температура либо тепловое излучение, различные вибрации и шум, пыль, а также химические отходы, движущиеся машины и механизмы, статическая и физическая нагрузки.

Реализация охраны труда на предприятии имеет основные направления деятельности:

- постоянное улучшение условий труда на рабочих местах;
- профилактика заболеваемости;
- вовлечение персонала завода в активную работу по охране труда;
- обеспечение компетентности, подготовки и осведомленности персонала в области охраны труда;
- обеспечение безопасности опасных производственных объектов;
- внедрение передовых методов и технологий, обеспечивающих безопасность персонала [4].

Особенностью охраны труда на прессово-рамном заводе ПАО «КАМАЗ» является трёхступенчатая система административного контроля, где первая ступень осуществляется ежедневно мастером, вторая ступень – еженедельно начальником цеха, третья ступень – ежемесячно комиссией, возглавляемой заместителем директора по техническому развитию и промышленной безопасности [1].

Мероприятия на ПРЗ ПАО «КАМАЗ» по улучшению условий труда работников [1]:

Наименование мероприятия	Срок и контроль выполнения
1) Своевременная подача заявок на устранение неисправностей, увеличивающих шум при работе оборудования	Постоянно
2) Своевременное проведение планово-предупредительных и текущих ремонтов оборудования	Согласно графикам ППП
3) Обеспечение соблюдения установленных перерывов на рабочих местах	Постоянно
4) Обеспечение средствами индивидуальной защиты органов слуха	В течение года согласно нормам
5) Соблюдение применения средств индивидуальной защиты	Постоянно
1) Проведение периодической чистки светящихся приборов	Постоянно в течение года
2) Своевременная замена перегоревших ламп	
1) Обеспечение средствами защиты органов дыхания и контроль их применения	В течение года согласно нормам, постоянно
2) Проверка эффективности существующих вентиляционных систем	Согласно графикам ППП
1) Своевременное проведение проверок и устранение неисправностей в виброинструменте	Постоянно
2) Обеспечение средствами защиты рук и контроль их применения	В течение года согласно нормам, постоянно

Источники

1. ПАО «КАМАЗ»: официальный сайт. – Набережные Челны, 1999.
-URL: <https://kamaz.ru> (дата обращения 25.02.24).
2. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019) // Собрание законодательства Российской Федерации. - 2002 - № 1 (ч. 1) - ст. 3.
3. Хамидуллин Р.Э., Филиппова Ф.М., Пигилова Р.Н. Промышленная безопасность на опасных производственных объектах // Энергетика, инфокоммуникационные технологии и высшее образование: Международная научно-техническая конференция. Электронный сборник научных статей по

материалам конференции В 3-х томах, Алматы, Казань, 20–21 октября 2022 года. Казань: КГЭУ. 2023. С. 46-51.

4. Кукин, П.П. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда) / П.П. Кукин, В.Л. Лапин. - М.: Высшая школа, 2009. - 335 с.

УДК 614.825

АНАЛИЗ НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ СО СМЕРТЕЛЬНЫМ ИСХОДОМ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Смирнова Дарья Игоревна

Науч. рук. к-т техн. наук, доц. Аверьянова Юлия Аркадьевна

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

smirnovad122@gmail.com

В статье представлен анализ и статистика несчастных случаев со смертельным исходом во время эксплуатации энергоустановок под контролем Ростехнадзора.

Ключевые слова: анализ, несчастный случай, статистика, электроустановка, смертельный исход.

ANALYSIS OF FATAL ACCIDENTS IN THE OPERATION OF ELECTRICAL INSTALLATIONS

Smirnova Daria I.

Scientific advisor Averyanova Yulia A.

KSPEU, Kazan, Russia

smirnovad122@gmail.com

The article presents an analysis and statistics of fatal accidents during the operation of power plants under the supervision of Rostekhnadzor.

Keywords: analysis, accident, statistics, power plant, fatal outcome.

Ростехнадзор – подконтрольный орган Федеральной службы по экологическому, технологическому, атомному надзору, осуществляет контроль за эксплуатацией энергетических установок. Во время работы на предприятии сотрудники подвержены опасным и вредным производственным факторам. Главная задача предприятия состоит в создании безопасных условий труда, работы и эксплуатации оборудования. Органы Ростехнадзора проводят постоянный анализ обстоятельств и причин

несчастных случаев [1] для того, чтобы проводились внеплановые тренировки, инструктажи для рабочего персонала.

На рис. 1. приведена динамика несчастных случаев со смертельным исходом за период 2012-2023 гг. В 2022 году произошло 33 несчастных случая – 33 погибших. За 2023 год зафиксировано 42 несчастных случая, включая 3 групповых – 44 погибших.

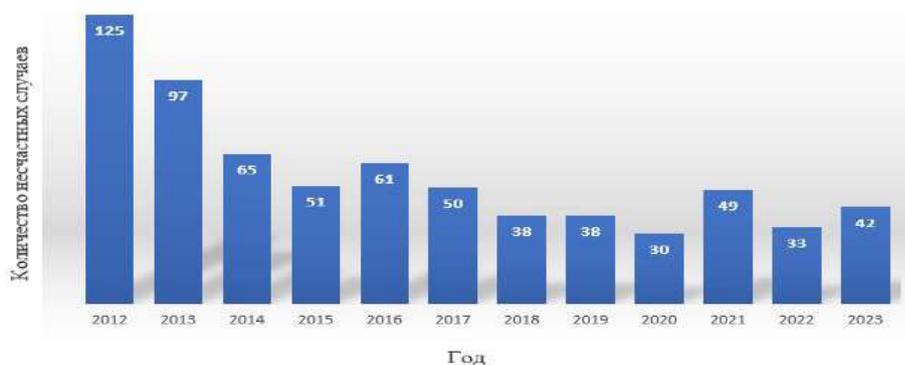


Рис. 1. Динамика травматизма со смертельным исходом за период 2017-2023 гг.

За период 2021-2023 годов самое большое количество несчастных случаев произошло в организациях, которые были под надзором Центрального (8), Северо-Западного (7), Северо-Кавказского (6) и Западно-Уральского (5) управления Ростехнадзора [2].

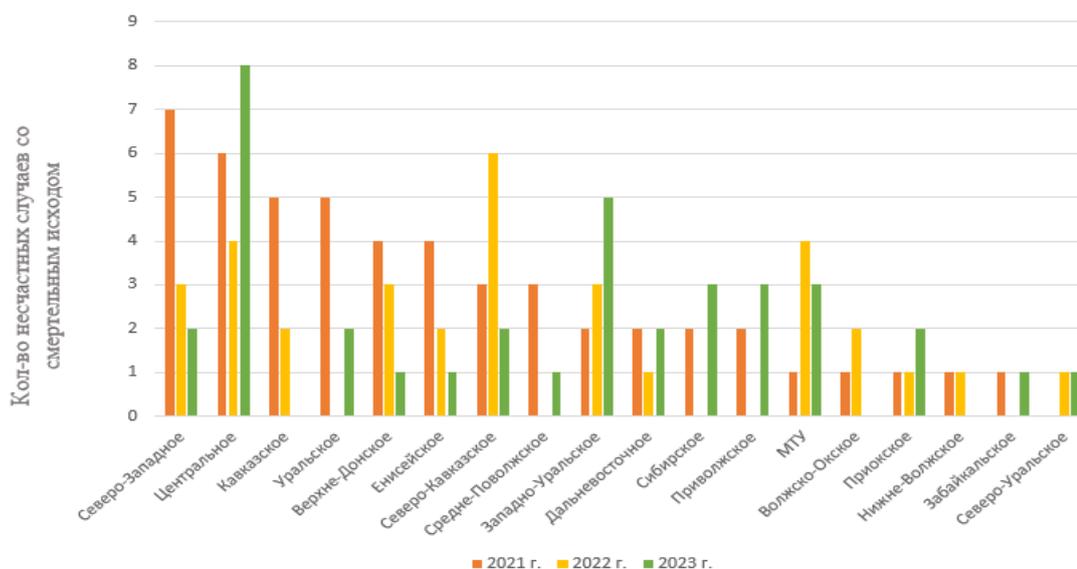


Рис. 2. Распределение несчастных случаев под управлением Ростехнадзора

В контроль Ростехнадзора входят такие энергетические установки, как: электрические сети, электроустановки потребителей, гидротехнические сооружения, тепловые установки [3, 4].

Распределение несчастных случаев в Российской Федерации

Территория	Несчастные случаи со смертельным исходом		
	2021 г.	2022 г.	2023 г.
По Российской Федерации, случаев	49	33	42
По Республике Татарстан, случаев	1	0	3
Процентное соотношение, %	2,04	0	7,14

Основными причинами несчастных случаев являются: отсутствие психологической и квалификационной подготовки рабочего персонала, малоэффективные мероприятия по обучению и подготовке, отсутствие дисциплинированности работников. Данные показатели увеличивают число травм на производстве.

По статистическим данным, количество несчастных случаев по Российской Федерации идет на убывание. Однако, в Республике Татарстан за 2023 год заметен прирост, который связан с невнимательностью и безответственностью рабочего персонала [1-6].

Источники

1. Анализ несчастных случаев на энергоустановках, подконтрольных органам Ростехнадзора [Электронный ресурс] http://szap.gosnadzor.ru/activity/energonadzor/nesc_sluch/ (дата обращения 25.02.2024).

2. Теппор, Н. В. Анализ статистических данных несчастных случаев на производстве за 2017-2019 годы в Республике Саха (Якутия) / Н. В. Теппор // Научный электронный журнал Меридиан. – 2021. – № 4(57). – С. 291-293.

3. Анализ несчастных случаев со смертельным исходом, произошедших в ходе эксплуатации энергоустановок с января по май 2023 [Электронный ресурс] <https://sigur-expert.pro/tpost/n79zbnh9u1-analiz-neschastnih-sluchaev-so-smertelni> (дата обращения 01.03.2024).

4. Информация от Ростехнадзора «Анализ несчастных случаев на энергоустановках в 2022 году» [Электронный ресурс] <https://tkemoscov.ru/news/1653546339/> (дата обращения 27.02.2024).

5. Пигилова Р.Н., Малышева Т.В., Аверьянова Ю.А., Филиппова Ф.М. Статистический анализ аварийности на производстве в результате некорректного функционирования системы энергообеспечения предприятия // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2023. Т. 25, № 2(112). С. 27-33.

6. Тхорь, М. Е. Анализ несчастных случаев на производстве на основе теории Хенриха / М. Е. Тхорь // Форум молодых ученых. – 2019. – № 6(34). – С. 1178-1182.

УДК 613.632:615.91

ВРЕДНЫЕ ВЕЩЕСТВА НА ПРЕДПРИЯТИИ - ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ЯДЫ

Хадиева Алсу Рафисовна ¹, Сулейманова Айзилия Айратовна ²

Науч. рук. к-т тех. наук, доц. Гайнуллина Лейсан Раисовна

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹aizila05@mail.ru, ²hadieva2203@gmail.com

Человек в процессе трудовой деятельности может подвергнуться воздействию различных химических веществ. Он впоследствии получает серьёзные заболевания на всю жизнь. В этой статье будут рассмотрены интересующие вопросы о производственных ядах и профилактике профессиональных отравлений.

Ключевые слова: производственные яды, профессиональные отравления, токсические вещества, предельно допустимая концентрация (ПДК).

HARMFUL SUBSTANCES IN THE ENTERPRISE - INDUSTRIAL POISONS

Khadieva Alsu R. ¹, Suleimanova Aizilya A. ²

Scientific advisor Gainullina Leysan R.

^{1,2}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹aizila05@mail.ru, ²hadieva2203@gmail.com

A person may be exposed to various chemicals in the course of their work. He subsequently gets serious illnesses for life. This article will address issues of interest about industrial poisons and the prevention of occupational poisoning.

Keywords: industrial poisons, occupational poisoning, toxic substances, maximum permissible concentration (MPC).

Токсикология труда, также известная как промышленная токсикология, является разделом гигиены труда, который посвящен изучению влияния вредных химических веществ на организм, присутствующие в условиях производства. Одними из таких являются производственные яды [1].

К производственным ядам относятся используемые в промышленности вещества и соединения, из-за которых при определенных условиях могут возникать острые и хронические отравления [2].

Заболевания, возникающие в дальнейшем из-за ядов, называют профессиональными отравлениями (интоксикациями). Они возникают в следствии проникновения токсических веществ через:

- дыхательные пути (ингаляционное проникновение), и является наиболее опасным, так как легкие достаточно быстро всасывают всю грязь;
- желудочно-кишечный тракт из-за нарушения личной гигиены, частичного заглатывания паров и пыли, проникающих через дыхательные пути, а также несоблюдения техники безопасности в химических лабораториях;
- кожу, если вещества хорошо растворимы в жирах и липоидах.

Токсические вещества способны накапливаться в определенных тканях. Электролиты особенно быстро покидают кровь и обустраиваются в отдельных органах. Свинец предпочитает скапливаться в костях, марганец – в печени, а ртуть – в почках и толстой кишке.

Из организма вредные вещества выделяются таким же способом, как и поступают в него. Легкие, частично или полностью, удаляют несвязанные пары и газы. Кроме того, значительное количество ядов выделяются через почки. Кожные покровы имеют важное значение при выделении веществ, основными источниками которых являются сальные и потовые железы.

Влияние производственных ядов на организм человека очень разнообразно, начиная от общего ослабления организма (из-за чего он будет чаще поддаваться ангинам и гриппам), заканчивая отравлениями. Чувствительность к токсическим веществам имеет свои особенности, связанные с полом и возрастом. Исследования показывают, что у женщин некоторые физиологические состояния могут усиливать реакцию организма на определенные яды, такие как бензол, свинец и ртуть. Что касается подростков, то их организмы, находящиеся на стадии формирования, обладают меньшей сопротивляемостью почти всем вредным факторам в производственной среде, включая промышленные яды.

Мероприятия по профилактике профессиональных отравлений включают меры по защите рабочих от воздействия ядовитых веществ. Важную роль играет механизация производственного процесса, сводящая к

минимуму соприкосновения с промышленными ядами. Аналогичные задачи решаются при герметизации рабочих мест. Одной из важнейших составляющих санитарно-технических мероприятий является обеспечение правильной вентиляции рабочих помещений. Особое внимание следует уделить безопасности при операциях с особо токсичными веществами. Для проведения таких операций необходимо использовать специальные вытяжные шкафы. В производстве, где риск профессиональных отравлений достаточно высок, необходимо использование индивидуальных средств защиты. К таким средствам относятся специальная защитная одежда, респираторы, противогазы и прочее. Чтобы предотвратить неосведомленность персонала об опасности на производстве проводят инструктажи [3].

Ограничением вредных веществ путем установления ПДК в воздухе рабочей зоне и на коже занимается гигиеническое нормирование. С 1 марта 2021 года его изменили (СанПиН 1.2.3685-21). Впервые за последние годы значительно снижены предельно допустимые концентрации для нескольких опасных веществ, некоторые из которых являются канцерогенами и могут вызывать развитие раковых заболеваний. Среди них следующие: бензол – снижено в 1,7 раза, 1,3-бутадиен – в 50 раз, акрилонитрил – в 6 раз, тетрахлорметан – в 17,5 раз, а бериллия и его соединений вовсе не должно быть в воздухе рабочей зоны [4].

Источники

1. Промышленная токсикология. [Электронный ресурс]. https://spravochnick.ru/medicina/sovremennaya_gigiena_i_ee_mesto_v_medicine_iz_istorii_razvitiya_gigieny/promyshlennaya_toksikologiya/ (дата обращения: 21.02.24)

2. Боховко, А. А. Производственные яды и их влияние на человеческий организм / А. А. Боховко, И. И. Розенфельд // Молодежь, наука, медицина : тезисы докладов 67-й Всероссийской межвузовской студенческой научной конференции с международным участием, Тверь, 22–23 апреля 2021 года. – Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Тверская государственная медицинская академия Министерства здравоохранения Российской Федерации, 2021. – С. 45-46. – EDN IEGOHF.

3. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / В. А. Козловский, А. В. Козловский, О. Л. Упоров. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2013 314 с.

4. В России ужесточили требования к качеству воздуха. [Электронный ресурс].

<https://web.archive.org/web/20210430221947/https://greenpeace.ru/blogs/2021/03/01/v-rossii-uzhestochili-trebovaniya-k-kachestvu-vozduha/> (дата обращения: 23.02.24)

УДК 331.45

РОЛЬ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ В БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА

Хайретдинова Неля Рафисовна

Науч. рук., канд. хим. наук, доц. Филиппова Фарид Мизхатовна

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

nelya_khairtdinova@mail.ru

В данной статье рассматривается роль и эффективность компьютерного зрения в безопасности труда.

Ключевые слова: компьютерное зрение, нейросеть, машинное обучение, искусственный интеллект.

THE ROLE OF COMPUTER VISION IN OCCUPATIONAL SAFETY

Khairtdinova Nelya R.

Scientific advisor Filippova Farida M.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

nelya_khairtdinova@mail.ru

This paper examines the role and effectiveness of computer vision in workplace safety.

Keywords: computer vision, neural network, machine learning, artificial intelligence.

Безопасность труда играет большую роль в жизни работающего человека. Правильная организация труда значительно повышает его производительность и снижает количество травм на производстве. Это положительно влияет на экономику: сокращается число больничных листов, а значит и оплата для лечения сотрудников.[1]

В современном мире компьютерное зрение предоставляет возможности для разработки инновационных систем в области безопасности. Например, обеспечение безопасности портов при досмотре грузов, защита объектов, таких как аэропорты, вокзалы, электростанции, банки и торговые центры.

В настоящее время системы видеонаблюдения стали обыденной частью нашей жизни. Они присутствуют практически везде – в банках, офисах, больницах, на парковках, аэропортах и других местах. Видеонаблюдение оказывает существенное влияние в поддержании безопасности.[2]

В промышленности востребованы IT-решения для автоматизации контроля за соблюдением требований правил техники безопасности. Обеспечение ускоренного внедрения цифровых технологий в экономике – одна из важнейших задач развития России, определенные Указом Президента РФ от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах Российской Федерации на период до 2024 года». Рассмотрим какую роль играют системы компьютерного зрения в обеспечении безопасности труда:

- Системы компьютерного зрения отслеживают ношение средств индивидуальной защиты и реагируют на их отсутствие в режиме реального времени.
- Оценка состояния сотрудника. Системы распознавания лиц следят за состоянием специалистов. Например, если у человека снижается внимание или он засыпает, пользуется телефоном или отходит от своего рабочего места.
- Определение людей в опасной зоне и подсчет назначенных рабочих в нужной области.

Ежегодно происходит 340 млн инцидентов на производстве (данные Международной организации труда), среди которых 87% смертельных исходов связаны с нарушением правил безопасности. По данным исследования TAdviser, с 2018 по 2023 год объем решений в этой сфере увеличился в пять раз (до 38 млрд руб). Наибольшая доля решений в области видеонаблюдения и безопасности (32%) и для промышленности (17%).

Для программ машинного зрения требуется много данных. Они выполняют анализ этих данных до тех пор, пока не будут распознаны различия, что приведет к распознаванию изображений.

Каждый год требования по соблюдению качества производства усложняются, поэтому производствам необходимо проводить модернизацию систем.[2] А компьютерное зрение может помочь в поиске причин инцидентов. Например, неполнота группы сотрудников, необходимых по правилам безопасности, или день рождения одного из персонала, приводили к травмам и авариям. Данный метод анализа поможет в будущем изменению регламентов или включению систем мониторинга подобных ситуаций и их сокращения.

Несмотря на то, что почти везде сейчас стоят камеры видеонаблюдения, это не помогает своевременно найти нарушения в области безопасности.

Именно поэтому, компьютерное зрение выгодно внедрять дополнительно к мониторингу.

Примером внедрения машинного зрения в области безопасности труда является компания Amazon: компания запустила в 2020 году ИИ-систему слежения на своих складах и офисах для обеспечения социального дистанцирования, с целью снизить риски распространения коронавируса. На трансляциях с камер вокруг каждого работника высвечивается зеленый круг, сохраняющийся при условии, что они соблюдают дистанцию в шесть футов (около 1,8 м). Другой пример – компания Siemens, использующая для обнаружения опасных ситуаций на своих производствах компьютерное зрение. Это дает возможность компании быстро обнаружить опасные ситуации и принимать меры для их устранения.

Дроны позволяют быстро исследовать труднодоступные участки, в то время как осмотр сотрудником занимает несколько дней. [3] И зачастую проверяющим приходится использовать небезопасные подъёмные платформы, строительные леса. В Тобольске на предприятии Сибура дроны мониторят дальние участки, забирают пробы воды для контроля экологической ситуации. А технологии компьютерного зрения выводят на экран не все камеры видеонаблюдения, а только те, где ИИ обнаружил отклонения. Более того, «Сибур» - первая в России компания, применившая передовую систему машинного зрения на момент 2018 года.

В 2019 году на Кольской атомной станции реализовали пилотный проект по внедрению системы контроля за использованием средств индивидуальной защиты сотрудниками станции с помощью машинного зрения. По словам разработчиков системы, число нарушений по технике безопасности уменьшилось в 10 раз, улучшилась дисциплина сотрудников.

Таким образом, область применения искусственного интеллекта в промышленности довольно широк. Цифровизация производства только начинает появляться в компаниях, поэтому успешными в области безопасности труда будут те, кто первым внедрит новейшие технологии. Несмотря на дороговизну внедрения систем компьютерного зрения, они оправдают свою стоимость в будущем. Системы прогнозирования неисправностей оборудования позволят сэкономить средства на ремонте и избежать рисков с персоналом, которые могут пострадать при поломке или аварии техники. Кроме того, компьютерное зрение, следящее за наличием средств индивидуальной защиты на производстве, решает ситуацию со штрафами за их отсутствие у сотрудников, поскольку руководство узнает об этом раньше, чем регулирующие органы. Однако стоит помнить, что системы компьютерного зрения не идеальны, и могут иметь недочеты, в области

распознавания объектов. Грамотное использование ИИ позволит повысить качество обеспечения безопасности в области охраны труда.

Источники

1. Овсянкин А.Д., Файнбург Г.З. Охрана труда // 8-е изд., перераб. и доп. - Владивосток: ФГОУ ВПО ПИГМУ, 2007. 449 с.

2. Моргунов В.В. Применение машинного зрения в области контроля качества // Международный студенческий научный вестник. – 2019. – № 2.; [Электронный ресурс]. <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=19609> (дата обращения: 29.12.2023).

3. Еремин Н.А. Эволюция цифровой нефтегазовой экосистемы от суперкомпьютинга к метакомпьютингу// Известия ТулГУ. Науки о Земле. 2023. № 1. С. 190-201.

УДК 331.45

БЕЗОПАСНОСТЬ РАБОТЫ ПРОВОДНИКОВ ПАССАЖИРСКИХ ВАГОНОВ В РЖД

Хуснутдинова Алсу Руслановна ¹, Метлёва Дарья Алексеевна ²
Науч. рук. канд. тех. наук, доц. Гайнуллина Лейсан Раисовна
^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
¹raziahusnutdinova@gmail.com, ²metlevadasha@gmail.com.

Безопасность работы проводников пассажирских вагонов на железной дороге России представляет собой ключевой аспект обеспечения безопасности пассажиров. Воздействие вредных факторов на проводников требует строгого соблюдения правил техники безопасности и обучения по охране труда, что обеспечивается сертификацией и системой управления охраной труда в ОАО «РЖД».

Ключевые слова: охрана труда, проводник, безопасность работы, вредные факторы.

SAFETY OF WORK OF CONDUCTORS OF PASSENGER CARS IN RUSSIAN RAILWAYS

Khusnutdinova Alsu R.¹, Metleva Darya A.²
Scientific advisor Gainullina Leysan R.
^{1,2}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
¹raziahusnutdinova@gmail.com, ²metlevadasha@gmail.com.

The safety of passenger car conductors on the Russian railway is a key aspect of ensuring passenger safety. The impact of harmful factors on conductors requires strict compliance with safety regulations and occupational safety training, which is ensured by certification and the occupational safety management system at Russian Railways.

Keywords: occupational safety, conductor, safety of work, harmful factors.

Железная дорога — это территория повышенной опасности, на которой работают более тысячи людей по тысяче пятисот самым различным профессиям, ошибка хотя бы одного рабочего может привести к катастрофе и аварии больших масштабов. Проводник пассажирского вагона - неотъемлемая часть большой системы. Безопасность пассажиров начинается с приёма проводником инвентаря вагона и заканчивается сдачей вагона после рейса.

В данной статье мы рассмотрим вредные факторы и реализацию основных принципов охраны труда для профессии "проводник пассажирского вагона".

К примеру, с такими вредными факторами предстоит работать проводнику:

Вредные производственные факторы работы проводника

Вредный фактор	Примеры
Физический	Постоянный шум и вибрация от стука колес, возможность удара током от щитка вагона, обморожения пальцев в зимний период
Химический	Дезинфицирующие средства для уборки вагона, сушащий кожу уголь
Биологический	Ротавирусная инфекция, отравление на станциях, контакт с использованным бельем пассажиров, животные в штабных вагонах
Психофизиологический	Физические перегрузки из-за сменной работы, психологические перегрузки из-за долгого отсутствия сна, повышенная ответственность

Для работы по этой профессии необходимо получить профессиональные знания и навыки: в железнодорожном колледже, на специализированных курсах. Также проводник должен иметь (получить) II группу по электробезопасности. После принятия на работу проводник проходит пятидневное обучение по охране труда, по окончании которого сдает экзамен, состоящий из письменного билета и устной защиты [1].

Примеры экзаменационных вопросов: 1) Какие вагоны не допускается ставить в пассажирские и почтово-багажные поезда?; 2) Как подается сигнал «Воздушная тревога»?

Важные профессиональные качества, которыми должен обладать проводник – развитый вестибулярный аппарат, наблюдательность, коммуникативные способности, эмоциональная сдержанность, трудолюбие, внимательность, прогрессивный тип поведения (способность к рациональному мышлению в экстремальных ситуациях) [2,3].

2020 год - год принятия системы управления охраной труда в ОАО "РЖД", в которой сказано об обеспечении приоритета сохранения жизни и здоровья работников в процессе производственной деятельности и требований нормативных документов ОАО "РЖД" по охране труда, а также выполнение коллективных договоров и программ улучшения условий и охраны труда.

Согласно пункту 5.2.2. распоряжения работникам положено выдавать средства индивидуальной защиты для предотвращения воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов, а также защищающих от загрязнения. В реализации этого пункта рабочий имеет возможность раз в месяц получить средства защиты (перчатки, крем, мыло) [1].

На протяжении работы проводник восполняет и дополняет свои навыки, просматривая специализированные видеоролики и проходя тесты в системе дистанционного обучения (СДО). Эти ролики содержат в себе информацию более широкого и часто встречающегося события или ситуации, которая может произойти при выполнении трудовых обязанностей проводника. Однако больший опыт и знания получается конечно же из практики.

Таким образом, безопасность работы проводников пассажирских вагонов на РЖД — это многофакторный процесс, который требует высокой профессиональной подготовки, внимательности и ответственности. Проводники играют важную роль в обеспечении безопасности пассажиров и должны быть всегда готовы к действиям в экстренных ситуациях.

Источники

1. Общие требования охраны труда Распоряжение ОАО РЖД от 30.03.2022 N 813/р об утверждении Инструкции по охране труда для проводника пассажирского вагона Дирекции скоростного сообщения - филиала ОАО РЖД (вместе с ИОТ РЖД-4100612-ДОСС-247-2022. Инструкция...) - 2020 [Электронный ресурс].

<https://sudact.ru/law/rasporiazhenie-oao-rzhd-ot-30032022-n-813r/iot-rzhd-4100612-doss-247-2022/1/> (Дата обращения 21.02.2024).

2. Павлова Т.А. Особенности развития профессионально важных качеств проводников пассажирских вагонов в процессе их профессиональной деятельности. Российский психологический журнал. 2018. 6(5): 57.

3. Майнагашев Р.В. Оценка и совершенствование качества рабочей силы на примере резерва проводников // Интерактивная наука. 2019. №6 (40). С. 114-116.

УДК 331.458

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ ЭЛЕКТРОНИКИ

Юсупова Диляра Айратовна

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Аверьянова Юлия Аркадьевна

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

yusupova_d18@mail.ru

Производство электроники играет ключевую роль в повседневной жизни, обеспечивая доступ к разнообразным технологиям и удобствам. Однако оно связано с рисками для безопасности для жизни. Статья направлена на исследование методов защиты работников от вредных воздействий в данной отрасли.

Ключевые слова: производство электроники, инженерная безопасность, ПДК, вредные вещества, производственный контроль.

ENSURING SAFETY IN THE PRODUCTION OF ELECTRONICS

Yusupova Dilyara A.

Scientific advisor Averyanova Yulia A.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

yusupova_d18@mail.ru

Electronics manufacturing plays a key role in everyday life, providing access to a variety of technologies and amenities. However, it is associated with safety risks for life. The article is aimed at researching methods of protecting workers from harmful influences in this industry.

Keywords: production electronics, engineering safety, MPC, harmful substances, production control.

При производстве материалов для электроники, включая чипы, печатные платы, кабели и корпуса, применяются хлорированные и бромированные соединения, тяжелые металлы, полимеры и пластмассы различных химических классов. Обработка этих компонентов выделяет вредные газы и пары, которые могут вызывать раздражение кожи и дыхательных путей, а также быть канцерогенами. В связи с этим актуальность данного исследования обусловлена значительным риском для здоровья персонала, вызванным вредными веществами, а также необходимостью соответствия требованиям законодательства о безопасности труда. Цель статьи заключается в исследовании и анализе методов и технологий, применяемых при производстве материалов для электроники, чтобы минимизировать выделения вредных газов и паров, повышая безопасность работников.

Для снижения рисков необходимо соблюдать требования инженерной безопасности, важнейшими факторами являются уровень чистоты воздуха, температура, относительная влажность, уровень шума, освещенность, аэроионизация, электрические и магнитные поля и т.д, а также контролировать предельно допустимую концентрацию (ПДК) вредных веществ в воздухе. Согласно статье 212 ТК РФ, работодатель несет ответственность за обеспечение безопасности своих сотрудников. Производственный контроль проводится в соответствии с Трудовым кодексом РФ и требованиями СП 2.2.3670-20 "Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда", а также международным стандартам, такие как ИСО 14644 и ГОСТ ИСО 14644 [1].

При процессе химической металлизации печатных плат используют разбавленные растворы с низкими концентрациями основных компонентов, таких как гидроксид натрия, раствор формалин, хлористый никель, сернокислая медь, и углекислый натрий [2]. Концентрация едкого натрия в атмосфере рабочего помещения не должна превышать 0,5 мг/м³ (пересчитанная на гидроксид натрия) и относится ко 2-му классу опасности. Хлорид никеля (II) отнесен к 1-му классу опасности, с ПДК в атмосфере рабочего помещения в виде гидроаэрозоля равным 0,005 мг/м³. Углекислый натрий в форме пыли может вызывать раздражение слизистых оболочек и кожи, ПДК в атмосфере рабочего помещения составляет 2 мг/м³, а класс опасности – III. Работники электротехнического производства должны использовать респираторы, противогазы, резиновую обувь, перчатки, костюмы и халаты для защиты от вредных веществ. Для защиты глаз используются очки или щитки из пластмассы. При этом условия должны

быть следующими: относительная влажность (65 ± 5) %, температура воздуха 18-25 °С, содержание пыли не более 100 частиц размером 2 мкм/л [3].

В настоящее время для обеспечения безопасности используются применяются методы: золь-гель, Ленгмюра Блоджетт и экстракционно-пиролитический метод изготовления, который использует органические соединения металлов и полимерные материалы, не имеющие высокой токсичности. Продукция с покрытием золь-гель часто рекламируется как экологически чистая, так как не содержит вредных соединений, таких как полифтор-соединения: перфтороктановая кислота (ПФОА) и политетрафторэтилен (ПТФЭ).

Для обработки и утилизации газов применяются разнообразные системы, включая химические, плазменные и адсорбционные методы. Адсорбенты, применяемые в газоочистке, включают активированный уголь, силикагель, алюмогель, а также природные и синтетические цеолиты. Применение адсорбционного метода эффективно для извлечения токсичных примесей из газовой смеси, особенно для очистки веществ, находящихся в малых концентрациях. Скруббер используется для захвата кислотных паров и удаления частиц пыли, дыма, аэрозолей и твердых примесей из газовой среды. Он работает на основе принципа, при котором газовая среда вместе с жидкостью поступает в камеру инжектора через закручиватели, что приводит к интенсивному массообмену между фазами в динамической пене внутри камеры [4].

Таким образом, статья обращает внимание на важность соблюдения мер безопасности на производстве электроники и предлагает ряд решений для защиты работников от вредных воздействий. Предприятия электротехнической промышленности подвержены воздействию вредных и опасных производственных факторов, однако вероятность их проявления значительно снижается благодаря применяемой системе охраны труда.

Источники

1. Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 02.12.2020 № 40 "Об утверждении санитарных правил СП 2.2.3670-20 "Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда" (Зарегистрирован 29.12.2020 № 61893). [Электронный ресурс]. <https://docs.cntd.ru/document/573230583> (дата обращения: 26.02.2024).

2. Борисов Ю, Калинин С., Немудров В. Роль дизайн-центров микроэлектроники в развитии отечественной электронной промышленности. // Электронные компоненты. 2018. № 10. С. 17-21.

3. Басаков, М.И. Охрана труда: безопасность жизнедеятельности в условиях производства: учебно-практическое пособие / М.И. Басаков. - М.: Ростов н/Д: Феникс, 2018. - 345 с.

4. Патрушева Т.Н., Барашков В.А., Чурбакова О.В., Петров С.К., Подорожняк С.А., Белоусов А.Л., Федяев В.А. К вопросу о безопасности работы на предприятиях микроэлектроники // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 4-4. С. 675-679;

СЕКЦИЯ 10. ЭНЕРГОРЕСУРСОЭФФЕКТИВНЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ И НЕФТЕГАЗОПЕРЕРАБОТКЕ

УДК 536.25

УЧЕТ СТРУКТУРЫ ПОТОКОВ ПРИ РАСЧЕТЕ ПЛАСТИНЧАТЫХ ТЕПЛООБМЕННИКОВ С ИНТЕНСИФИКАТОРАМИ

Лаптев Анатолий Григорьевич¹, Ахмитшин Алмаз Анасович²

¹ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

²Инженерно-Внедренческий Центр «Инжехим», Казань

¹tvt_kgeu@mail.ru, ²almaz291990@rambler.ru

В работе рассмотрен метод определения эффективности пластинчатых теплообменников с интенсификаторами с учетом структуры потоков. Представлено сравнение расчетных результатов по эффективности нагрева сред с повышенной вязкостью при применении поверхностных интенсификаторов с экспериментом.

Ключевые слова: сопряженный теплообмен, теплообменники, математическая модель

PLATE HEAT EXCHANGERS WITH INTENSIFIERS AND CALCULATION OF EFFICIENCY TAKEN INTO ACCOUNT OF THE STRUCTURE OF FLOWS

Laptev Anatoly G.¹, Akhmitshin Almaz A.²

¹KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

²Engineering and Implementation Center "Inzhekhim" Kazan

¹tvt_kgeu@mail.ru, ²almaz291990@rambler.ru

The paper discusses a method for determining the efficiency of plate heat exchangers with intensifiers, taking into account the flow structure. A comparison of the calculated results on the heating efficiency of media with increased viscosity when using surface intensifiers with experiment is presented.

Keywords: conjugate heat and mass transfer, heat exchangers, mathematical model.

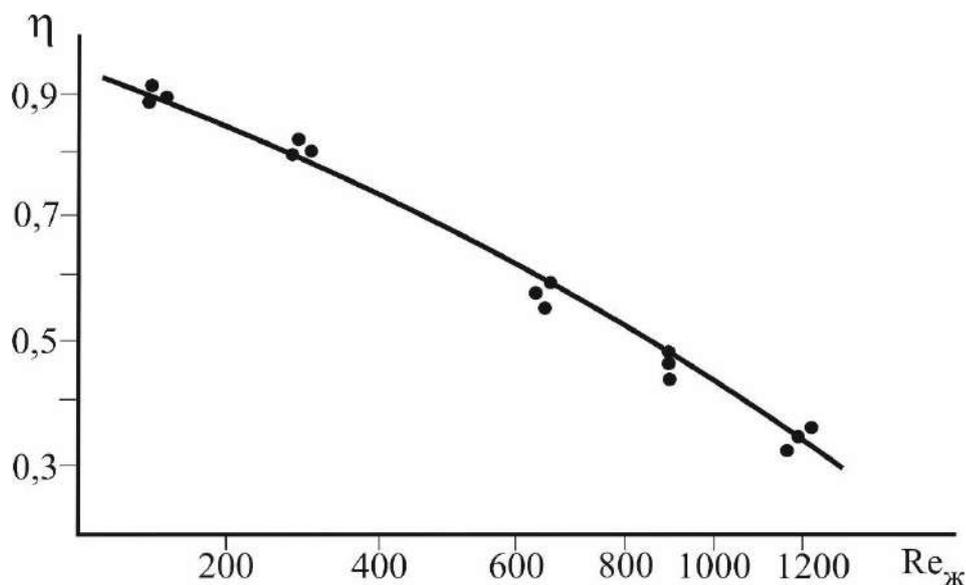
На сегодняшний день существуют многочисленные экспериментальные и теоретические исследования процессов пленочной

конденсации в различных постановках сопряженного тепломассообмена с учетом неизотермического течения хладагента внутри конденсатора, пленки конденсата и газовой фазы (пара), а также интенсификации теплоотдачи в жидкостях с повышенной вязкостью. Однако данные задачи исследованы недостаточно полно.

Широко известно применение метода единиц переноса в расчетах массообменных процессов при непрерывном взаимодействии фаз, например в насадочных, тарельчатых и пленочных аппаратах в процессах ректификации, абсорбции и экстракции смесей, а также сепарации аэрозолей.

В математических моделях гидродинамической структуры с применением чисел единиц переноса учитывается обратное (продольное) перемешивание потоков, снижающее движущую силу процесса. Это снижает эффективность массообмена. При этом экспериментальной информацией при таком методе является коэффициент обратного перемешивания потоков, а коэффициенты теплоотдачи могут быть вычислены по математической модели или также могут находиться экспериментально с использованием теории подобия. Что касается тепловых процессов, то впервые метод единиц переноса предложил использовать академик АН СССР В.В. Кафаров еще во второй половине XX вв. Позже данный метод стал применять И.А. Гильденблат и др., а в начале XXI века А.Б. Голованчиков, А.Г. Лаптев, Т.М. Фарахов, М.М. Башаров и другие. Использование данного метода становится актуальным, когда структура потока теплоносителя отличается от идеального вытеснения, т.е. имеется обратное перемешивание потоков. Обратное перемешивание в каналах теплообменных аппаратов появляется благодаря применению различных объемных и поверхностных интенсификаторов. За счет интенсификаторов коэффициенты теплоотдачи могут увеличиваться в несколько раз (18-22 раза), следствием чего является также повышение гидравлического сопротивления из-за турбулизации теплоносителей. Если коэффициенты теплоотдачи увеличиваются в несколько раз, что позволяет снижать массогабаритные характеристики аппаратов, то обратное перемешивание может уменьшать эффективность теплообмена на 10-30%, что нужно учитывать во время проектирования теплообменников [1-5].

На рис. представлены результаты расчетов тепловой эффективности с учетом структуры потока и сравнение с экспериментальными данными для исследованного пластинчатого теплообменника. Расхождение с экспериментом не более $\pm 3-4\%$.



Кривая тепловой эффективности нагрева водяным паром воды в зависимости от числа Ренольдса. Точки – эксперимент; непрерывная линия – расчет.

Источники

1. Laptev, A. G. Thermal hydraulic effectiveness of heat exchangers with volumetric enhancers for high-viscosity liquid media / A. G. Laptev, T. M. Farakhov, E. A. Lapteva // *Journal of Engineering Thermophysics*. – 2021. – Vol. 30. – № 2. – P. 293-299.

2. Laptev, A. G. Efficiency of the process of heating of fuels and oils in intensified heat exchangers / A. G. Laptev, T. M. Farakhov, E. P. Afanas'ev // *Chemical and Petroleum Engineering*. – Vol. 54. – № 9-10. – 2019. – P. 636-643.

3. Лаптев А.Г., Фарахов Т. М., Дударовская О.Г. Эффективность явлений переноса в каналах с хаотичными насадочными слоями. – СПб.: Страта, 2016. – 214 с.

4. Попов И.А., Гортышов Ю.Ф., Олимпиаев В.В. Промышленное применение интенсификации теплообмена - современное состояние проблемы (обзор) // *Теплоэнергетика*. 2012. № 1. С. 3-12.

5. Лаптев А.Г., Лаптева Е.А., Ахмитшин А.А. Моделирование интенсифицированных теплообменников с различной вязкостью сред // *Химия и технология топлив и масел*. 2021. № 6 (628). С. 44-50.

3D-МОДЕЛЬ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА НАГРЕВА И ОХЛАЖДЕНИЯ МИШЕНИ ПРИ РАСПЫЛЕНИИ В СИСТЕМЕ МАГНЕТРОННОГО НАПЫЛЕНИЯ

Аяши Омар Али^{1*}, Лаптев Анатолий Григорьевич¹, Аяши Амар Абдфахид²,
Аяши Амар Шаима³

¹ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

² Университет Хассибы Бен Буали, Шлеф, Алжир

³ Университет Касди Мерба, Уаргла, Алжир

*Ayachiomarali@gmail.com

В данной работе представлены исследования тепловых процессов, связанные с нагревом мишени под действием ионной бомбардировки при магнетронном распылении для получения технологического покрытия. Температура мишени может достигать значений плавления ее вещества при распылении. В этом случае добавляется поток охлаждающей воды для снижения температуры. Для понимания процессов нагрева и охлаждения магнетрона при напылении с моделируется процесс и выявляются источники теплового потока в мишени, а затем и процесс рассеивания выделяющегося в мишени тепла с помощью потока охлаждающей воды для обеспечения непрерывности процесса напыления и получение необходимого технологического покрытия.

Ключевые слова: магнетрон, плазма, нагретая мишень, охлаждение мишеней, 3D-моделирование.

3D SIMULATION MODEL FOR MODELING THE PROCESS OF HEATING AND COOLING A TARGET DURING SPRAYING IN A MAGNETRON SPUTTERING SYSTEM

Ayachi Omar Ali^{1*}, Laptev Anatoly Grigorievich¹, Ayachi Amar Abdelouahed²,
Ayachi Amar Chaima³

¹ KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

² Hassiba Ben Bouali University, Chlef, Algeria

³ KasdiMerbah University, Ouargla, Algeria

*Ayachiomarali@gmail.com

In this work presents a study of thermal processes associated with target heating under the action of ion bombardment during magnetron sputtering to obtain a technological coating.

The target temperature can reach the melting values of its substance during sputtering. In this case, a cooling water flow is added to dissipate the temperature. To understand the processes of heating and cooling of the magnetron during deposition, we were able to simulate the process and identify the sources of the heat flux in the target, and then the process of dissipation of the heat released in the target with using a cooling water flow to ensure the continuity of the deposition process and obtain the necessary technological coating.

Keywords: magnetron, plasma, heating target, target cooling, 3D simulation.

Обычным методом в процессах физического осаждения из паровой фазы для широкого спектра промышленных покрытий является магнетронное напыление, хорошо известный широко используемый процесс плазменного покрытия. Однако до сих пор вызывает интерес высокая температура в магнетроне и ее влияние на процесс осаждения [1]–[3]. Почти все физические процессы связаны с теплопередачей, которая во многих случаях также может быть ограничивающим фактором. Поэтому его изучение имеет решающее значение, и практически всегда необходимы эффективные методы анализа теплообмена.

Процесс нагрева и рассеивания тепла чувствительных компонентов магнетрона остается не до конца понятным, понимание поведения нагрева и рассеивания тепла в магнетроне имеет первостепенное значение для проектирования и оптимизации систем магнетронного распыления. В этой работе мы представляем численную мультифизическую модель связи для моделирования процессов нагрева и рассеивания тепла в магнетроне во время распыления с помощью бомбардировки ионами аргона в конкретных экспериментальных рабочих условиях.

Экспериментальная структура магнетрона, используемая в этой работе, показана на рисунке 1.

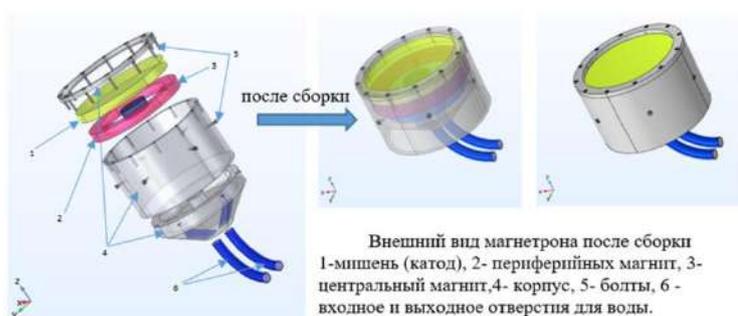


Рис. 1. Дизайн компонентов магнетрона и окончательный вид после сборки

На рисунке 2(а) показана траектория электронов в магнитной ловушке. Электроны ускоряются сильным электрическим полем, Сильное магнитное поле обеспечивает удержание электронов, которые обычно имеют гироскопический радиус в несколько миллиметров и стремятся закрутиться над мишенью.

На рисунке 2(б) показано положения событий ионизации и траектории ионов, предсказанные моделью, Ar^+ в основном генерируются в пределах зоны удержания, заданной магнитным полем.

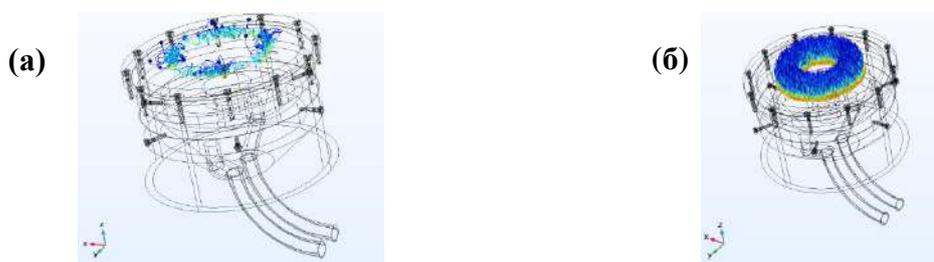


Рис. 2. (а) траектория электронов в магнитной ловушке (б) положения событий ионизации и траектории ионов.

Источники

1. K. Singkaselit, A. Sakulkalavek, and R. Sakdanuphab, “Effects of annealing temperature on the structural, mechanical and electrical properties of flexible bismuth telluride thin films prepared by high-pressure RF magnetron sputtering,” *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology*, vol. 8, no. 3, p. 035002, 2017.
2. S. M. Deambrosis, V. Zin, F. Montagner, C. Mortalò, M. Fabrizio, and E. Miorin, “Effect of temperature and deposition technology on the microstructure, chemistry and tribo-mechanical characteristics of Ti-B based thin films by magnetron sputtering,” *Surface and Coatings Technology*, vol. 405, p. 126556, 2021.
3. A. Shugurov, A. Panin, and A. Kasterov, “Effect of Ta alloying on isothermal oxidation behavior of DC magnetron sputtered $Ti_{1-x}Al_xN$ coatings on titanium substrate,” *Surface and Coatings Technology*, vol. 421, p. 127488, 2021.

ОЦЕНКА ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА СОЛОВЕЦКОГО АРХИПЕЛАГА АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Громов А.А.

ФГАОУ ВО «САФУ имени М.В. Ломоносова», г. Архангельск

antongromov56@gmail.com

В работе анализируется текущая ситуация в стране и в мире относительно использования ветроэнергетических установок, рассматривается возможность перевода энергетической системы Соловецкого Архипелага Архангельской области на энергоснабжение при помощи ветроэнергетических установок, оценивается ветроэнергетический потенциал рассматриваемой территории.

Ключевые слова: ветрогенератор, островные территории, Архангельская область, возобновляемая энергетика.

ASSESSMENT OF WIND ENERGY POTENTIAL OF THE SOLOVETSKY ARCHIPELAGO OF THE ARKHANGELSK REGION

Gromov A.A.

«NARFU named after M.V. Lomonosov», Arkhangelsk

antongromov56@gmail.com

The paper analyzes the current situation in the country and in the world regarding the use of wind turbines, considers the possibility of transferring the energy system of the Solovetsky Archipelago of the Arkhangelsk region to energy supply by means of wind turbines, assesses the wind energy potential of the territory under consideration.

Keywords: wind generator, island territories, Arkhangelsk region, renewable energy.

По различным оценкам, в 2022 году было установлено около 102 ГВт ветроэнергетической мощности, включая рекордные 18,7 ГВт на морских шельфах. Китай возглавил рынок, за которым следовали Соединенные Штаты, Бразилия, Вьетнам и Соединенное Королевство. Ежегодный прирост увеличил общую мощность на 13,5%, добавив к ней более чем 845 ГВт. В то время как количество новых объектов на суше уменьшилось по сравнению с 2020 годом из-за сокращения количества установок в Китае и Соединенных Штатах, количество новых объектов на шельфе резко возросло благодаря энергетической политике, проводимой на побережья Китая[1].

В России в 2021 г были сохранены высокие темпы строительства ВИЭ - генерации, так что годовой объем ввода в эксплуатацию новых объектов ВИЭ превысил 1,2 ГВт. По состоянию на июль 2022 г, в рамках ДПМ ВИЭ на оптовом рынке электроэнергии и мощности было введено в эксплуатацию 95 объектов ВИЭ генерации общей мощностью 3746,8 МВт, включая 70 солнечных электростанций (1788,3 МВт), 22 ветроэлектростанции (1937,7 МВт) и три объекта малой гидрогенерации (20,9 МВт) [2].

Отрасль ВИЭ в России стремительно развивается и имеет потенциал, и Архангельская область следует общегосударственной тенденции.

Наиболее привлекательной территорией Архангельской области для проведения исследований по оценке эффективности внедрения в энергосистему региона ВИЭ являются Соловецкие острова.

Для данного архипелага приливную гидроэлектростанцию нецелесообразно рассматривать в связи с тем, что амплитуда приливов и отливов на архипелаге весьма мала.

Количество солнечных дней в среднем по году на архипелаге – 8, что делает абсолютно неэффективным использование солнца в качестве источника энергии на архипелаге.

Многие научные работ студентов, аспирантов и ученых Архангельской области посвящены вопросу, касающемуся реализации проекта по внедрению ветровой энергетики на Соловецкий архипелаг [3–5].

Обращая внимание на проведенные ранее исследования, целесообразно рассмотреть наиболее подходящий для объекта исследования источник возобновляемой энергии – ветровую электростанцию.

Соловецкие острова являются территорией Архангельской области с самой большой среднегодовой скоростью ветра. Для получения более точных данных о скоростях ветра на исследуемой территории произведено сравнение данных с флюгеров, установленных на архипелаге на высоте 10 метров с данными со спутниковыми данными на аналогичной высоте [6]. Средние значения ежемесячных скоростей ветра, полученные при расчете, представлены в таблице.

Среднемесячная скорость ветра, м/с

Месяц	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Среднемесячная скорость ветра м/с	7,5	6,0	6,4	7,0	6,0	5,1	5,8	6,1	6,2	8,0	9,0	7,4

Анализ среднемесячных скоростей ветра позволяет сделать вывод о целесообразности рассмотрения вопроса установки ветроэлектростанции на архипелаге.

Реализация проекта по внедрению ветроэлектростанции в систему энергоснабжения Соловецкого архипелага поможет снизить антропогенное влияние на окружающую среду и повысить туристическую привлекательность островов.

Источники

1. Global Energy Transition Statistics. Access 2021 world energy and climate data and key decarbonisation indices [Electronic resource] / Electr. data. // URL : <https://yearbook.enerdata.net/> (Date of application: 13.11.2023). – Title from screen.

2. Информационный обзор рынка ВИЭ в России (январь – март 2023 г.) [Электронный ресурс] : [офиц. сайт] / Электрон. дан. // М. : Интернет-сообщество, 2012-2023. URL : <https://ireda.ru/information-obzor-january-march-2023>. (Датаобращения: 01.12.2023).

3. Кангаш, А. И. Оценка ветроэнергетического потенциала Соловецкого архипелага и выбор оптимальной ветроэнергетической установки [Текст] // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2018. – № 2 (83). – С. 9–17.

4. Kangash, A. Review of energy demands and wind resource assessment of the Solovetsky Archipelago [Text] // A. Kangash [et al.] / International Journal of Smart Grid and Clean Energy. – 2019. – Electronic text data. – DOI : DOI:10.12720/sgce.8.4.430-435, access from Science Direct (01.12.2023). – Title from screen.

5. Тарасенко, А. Б. Возможности оптимизации энергетического баланса островного поселения (на примере пос. Соловецкий Архангельской области) [Текст] // А. Б. Тарасенко, Н. В. Тетерина, С. В. Киселева / АЭЭ. – 2012. – №5 (6). – С. 187–196.

6. The SAO/NASA Astrophysics Data System [Electronic resource] / Electr. data // The ADS is operated by the Smithsonian Astrophysical Observatory under NASA. URL : <https://ui.adsabs.harvard.edu/>. (Date of application: 13.05.2023). – Title from screen.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОРФЯНОГО ТОПЛИВА НА ОТДАЛЕННЫХ И ТРУДНОДОСТУПНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Громов А.А.

ФГАОУ ВО «САФУ имени М.В. Ломоносова», г. Архангельск

antongromov56@gmail.com

В работе оцениваются текущие запасы торфа в России и в Архангельской области, оцениваются перспективы использования торфа в качестве вида топлива, предлагается ряд рекомендаций для его интеграции на топливный рынок региона, приводится характеристика одного из самых больших месторождений торфа в регионе.

Работа представляет научный интерес для специалистов в области энергетики и топлива, а также для региональных властей, которые заинтересованы в развитии топливного рынка Архангельской области, а также отдельных ее территорий.

Ключевые слова: торф, биотопливо, теплоснабжение, Архангельская область, возобновляемый ресурс.

USE OF PEAT FUEL IN REMOTE AND HARD-TO-REACH AREAS OF THE ARKHANGELSK REGION

Gromov A.A.

«NARFU named after M.V. Lomonosov», Arkhangelsk

antongromov56@gmail.com

The article assesses the current reserves of peat in Russia and in the Arkhangelsk region, evaluates the prospects of using peat as a fuel, offers a number of recommendations for its integration into the fuel market of the region, and characterizes one of the largest peat deposits in the region.

The article is of scientific interest for specialists in the field of energy and fuel, as well as for regional authorities who are interested in the development of the fuel market of the Arkhangelsk region, as well as its individual territories.

Keywords: peat, biofuel, heat supply, Arkhangelsk region, renewable resource.

На территории Российской Федерации сосредоточено порядка 50% мировых запасов торфа (около 235 млрд т). Изученные крупные

месторождения торфа площадью более 10 Га содержат порядка 30 млрд т балансовых запасов торфа [1].

На территории Северо-Западного федерального округа Российской Федерации сосредоточено порядка четверти общероссийских запасов торфа. Порядка 50% запасов торфа, сосредоточенных на территории Северо-Западного федерального округа Российской Федерации, относятся к категориям А+В [2].

В Архангельской области степень изученности оцененных запасов торфа достаточно мала. Несколько территорий Архангельской области основные изученные запасы торфа располагаются на территории Каргопольского, Мезенского, Плесецкого и Приморского районов.

Наибольшие запасы торфа разведаны в Мезенском муниципальном районе. Мезенский район недостаточно обеспечен собственным древесным топливом, однако в районе разведаны месторождения торфа, которые можно использовать в качестве топлива [2].

Торф применяется во многих сферах, однако наиболее интересным и перспективным направлением использования торфа остается энергетика (топливные брикеты, биотопливо, кусковой топливный торф) [3].

В целях изучения характеристик торфяного топлива, добываемого на месторождении Большой Калтус 1, был проведен теплотехнический анализ проб, добытых в августе 2023 года. Результаты приведены в таблице.

Результаты теплотехнического анализа

Величина	Условное обозначение	Единица измерения	Рабочая масса	Сухая масса	Горючая масса
Влажность	W	%	26,83	2,28*	-
Влажность аналитическая	W^a	%	25,12		
Зольность	A	%	13,99	19,12	-
Теплота сгорания низшая	Q	ккал/кг	2684		5113
Теплота сгорания высшая	Q				5436
Сера	$S_{общ}$	%	0,14	0,19	
Водород	H	%	3,54	4,84	5,98
Выход летучих веществ	V	%	40,85	55,82	69,02
Коксовый остаток			Порошкообразный		
Эквивалент	\mathcal{E}	-	0,383		

Основной причиной низкой доли использования торфа в энергетическом балансе является ряд свойств, препятствующих его использованию для производства энергии, таких как высокая влажность и зольность, хрупкость и низкая теплота сгорания[3].

Результаты теплотехнического анализа показали, что реализуемая на месторождении технология добычи и подсушки торфа в естественных условиях позволяет получить топливо с умеренной влажностью и зольностью ниже браковочного предела, которое может успешно сжигаться в слоевых топках котлов.

Прочностные характеристики высушенных брикетов позволяют обеспечить их транспортировку без значительного образования мелких фракций.

Учитывая высокое качество добываемого на территории региона торфа, необходимо искать пути эффективного вовлечения торфа в энергетическую систему Архангельской области. Эта задача особенно актуальна для районов, удаленных от централизованных систем электроснабжения и теплоснабжения. Решение этой задачи даст возможность удаленными труднодоступным территориям региона обрести энергетическую независимость.

Источники

1. Государственный баланс запасов полезных ископаемых Российской Федерации на 01.01.2023. Вып. 96. Торф: Сводные данные / Российский федеральный геологический фонд. М., 2023. 146 с.

2. Михайлов А.В., Иванов С.Л., Большунов А.В., Кремчев Э.А. Торфяные ресурсы Северо-Западного федерального округа России и перспективы их освоения // Записки Горного института. 2013.

3. Штин С.М. Применение торфа как топлива для малой энергетики // ГИАБ. 2011.

ЛАБОРАТОРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АДсорбЦИОННОЙ ОЧИСТКИ ЗАСОЛЕННЫХ СТОКОВ ОТ СУЛЬФАТ- И ХЛОРИД- ИОНОВ ЗОЛОШЛАКОВЫМИ ОТХОДАМИ

Зайнуллина Элеонора Райнуровна,
Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Николаева Лариса Андреевна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
my-elechka@mail.ru

В статье рассмотрен метод сокращения водопотребления и сброса сточных вод ТЭС. Природная вода используемая на ТЭС должна использоваться максимально в оборотных циклах. Проблема сокращения утилизации сточных вод второго типа является сложной задачей. Предлагается технология адсорбционной очистки солевых стоков золошлаковыми отходами ТЭС.

Ключевые слова: адсорбция, зола, сульфат- и хлорид- ионы, модельные солевые растворы

LABORATORY STUDY OF ADSORPTION TREATMENT OF SALINE WATER FROM SULFATE AND CHLORIDE IONS BY ASH AND SLAG WASTE

Zainullina Eleonora R.
Scientific advisor Nikolaeva Larisa A.
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
my-elechka@mail.ru

The article discusses a method for reducing water consumption and wastewater discharge from thermal power plants. Natural water used at thermal power plants should be used as much as possible in circulating cycles. The problem of reducing the recycling of wastewater of the second type is a complex task. A technology for adsorption purification of salt waste using ash and slag waste from thermal power plants is proposed.

Keywords: adsorption, ash, sulfate and chloride ions, model salt solutions

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-79-10406, <https://rscf.ru/project/21-79-10406/>.

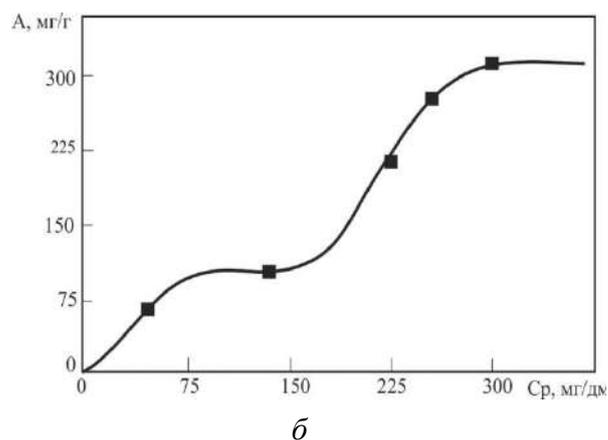
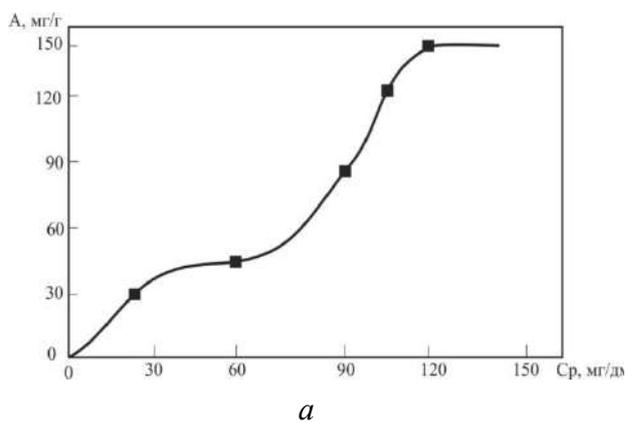
При обессоливании природной воды разными методами сточные воды имеют высокую минерализацию. В результате ионного обмена образуются регенерационные сточные воды. Отмечается, что применение установок обратного осмоса (УОО) и электродиализных установок позволяет сократить расход реагентов на регенерацию фильтров и соответственно уменьшить сброс солей в водоисточники [1].

На номинальном режиме работы УОО объем сбрасываемого концентрата составляет не менее 25 % объема поступающей исходной воды: при производительности 50 м³/ч получаем, что объем сбрасываемого концентрата составляет 16,7 м³/ч. При этом солевые составы концентрата и воды практически идентичны, разница лишь в их концентрации – в концентрате она в 4 раза выше.

Рассмотрен процесс очистки солевых вод посредством адсорбции с использованием в качестве сорбционного материала образующейся при сжигании Кузнецкого угля золы, которая представляет собой мелкодисперсный порошок со следующими характеристиками: размер частиц – 0,5-2,25 мм; влажность – 5 %; суммарный объем пор – 0,79 см³/г, рН = 6,6, насыпная плотность – 800 кг/м³, удельная поверхность – 4600 см²/г [4].

В качестве сорбента выбрана зола, так как по своему химическому составу близка к составу неорганических катионообменных материалов, последние в свою очередь используют для извлечения из водных растворов катионов аммония, ионов тяжелых металлов [2]. Зола может применяться в качестве сорбционного материала и для очистки водных сред от нефтепродуктов [3].

Анализ концентрата УОО ТЭС показал превышение предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения [5] по таким показателям, как SO₄²⁻ – 132 мг/дм³ и Cl⁻ – 312 мг/дм³. Лабораторные исследования проводились на модельных солевых растворах Na₂SO₄ и NaCl с исходной концентрацией 150 и 350 мг/дм³ соответственно. Эффективность очистки составила: SO₄²⁻ – 96 %, Cl⁻ – 98 %. По полученным данным были построены изотермы адсорбции с использованием метода переменных навесок (см. рисунок).



Изотермы адсорбции сульфат- (а) и хлорид-ионов (б):

А – величина адсорбции, мг/г; Ср – равновесная концентрация в модельном растворе, мг/дм³

Источники

1. Абрамов А.И., Елизаров Д.П., Ремезов А.Н. Повышение экологической безопасности тепловых электростанций: Учеб. пособие. – М.: Издательство МЭИ, 2001. – 378 с.

2. Николаева Л.А. Оценка возможности обезжелезивания возвратного производственного конденсата ТЭС гранулированным карбонатным шламом // Теплоэнергетика. 2022. № 1. С. 85-90.

3. Николаева Л.А., Хамзина Д.А. Замазученный шлам химводоочистки - вторичный энергетический ресурс на объектах малой энергетики // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2016. № 5-6. С. 50-54.

4. Фоменко А.И. Адсорбционные свойства золы древесной для очистки сточных вод // Актуальные исследования, 2022. № 42 (121). С. 30-34.

5. Приказ от 13 декабря 2016 года N 552 Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ИЗБЫТОЧНОГО АКТИВНОГО ИЛА БИОЛОГИЧЕСКИХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Исхакова Регина Яновна
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
imreginaiskh@gmail.com

В статье предложена технология утилизации избыточного активного ила биологических очистных сооружений в качестве вторичного энергетического ресурса. Особое внимание уделяется вопросам очистки газовых выбросов, образующихся при термической переработке осадка. Предложенный подход к очистке газовых сред позволяет отводить очищенные дымовые газы с допустимым уровнем загрязняющих компонентов.

Ключевые слова: отход, избыточный активный ил, рекуперация тепла, очистка дымовых газов, энергоэффективность.

SEWAGE SLUDGE ENERGY RECYCLING

Iskhakova R.Ya.
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
imreginaiskh@gmail.com

The article proposes a technology for recycling excess activated sludge from biological treatment plants as a secondary energy resource. Particular attention is paid to the purification of gas emissions generated during the thermal processing of sludge. The proposed approach to the purification of gaseous media allows the removal of purified flue gases with an acceptable level of polluting components.

Keywords: waste, excess activated sludge, heat recovery, flue gas purification, energy efficiency.

В настоящее время существует значительная проблема накопления различных многотоннажных отходов производства и потребления. Одними из таких отходов являются отходы биологического происхождения, которые могут рассматриваться как ценное вторичное сырье. Так как биомасса является органическим материалом, то она может использоваться в качестве источника энергии.

В настоящее время производится активный поиск технических решений, которые обеспечивают использование биомассы в качестве вторичных энергетических ресурсов. Энергетическая утилизация отходов позволяет решать комплексную задачу выработки дополнительной энергии и ликвидации экологического вреда, создаваемого при накоплении и хранении отходов.

Современные тенденции свидетельствуют о возможности использования избыточного активного ила биологических очистных сооружений в качестве потенциального источника вторичной энергии.

Компонентный состав избыточного ила [1]

Параметр	Зольность	α - целлюлоза	Геми- целлюлоза	Белки, гуматы	Жиры	Общий азот	Фосфор
%	11-15	0,9-2,1	2,3-2,7	30-35	7,2-14,5	6,5-7,5	5,5

При этом фактором, препятствующим его широкому использованию в качестве альтернативного топлива, является высокая обводненность активного ила. Влага осадка биологической очистки сточных вод включает в себя свободную, коллоидно-связанную и гигроскопическую формы. В то время, как свободная влага удаляется сушкой на иловых площадках, фильтрацией или отжимом при небольших давлениях, коллоидно-связанная гигроскопическая формы влаги отводятся из осадков при условии значительных энергетических затрат при повышенных температурах [2].

Для повышения влагоотдачи осадка предлагается использование отхода теплоэнергетики – шлама водоподготовки, образующегося в процессе известкования и коагуляции природной добавочной воды. Данный отход является практически безопасным (V класс опасности) [3] и позволяет повысить эффективность обезвоживания осадка на центрифугах на 20-25% (в зависимости от времени проведения процесса).

Далее обезвоженный осадок с применением связующего – лигносульфоната технического – окатывается в топливные гранулы и поступает на термическую утилизацию, которая реализуется в котлах с циркулирующим "кипящим слоем". Выбор данного связующего обусловлен тем, что лигносульфонат технический является экологически безопасным побочным продуктом и обладает сцепляющими свойствами.

После разработку топливные гранулы поступают на сжигание при условии утилизации тепла уходящих газов, которые имеют температуру около 900-1200°C. Для этой цели используется котле-утилизатор, в который подается химически обессоленная вода, переходящая в состояние пара. Пар направляется на технологические нужды, а также для выработки электрической энергии.

Особое внимание уделяется вопросам очистки дымовых газов, образующихся после сжигания материала. Очистка газовых выбросов, образующихся в котле с циркулирующим кипящим слоем, включает удаление твердых дисперсных компонентов, а также извлечение остаточных соединений NO_x , SO_x , а также полихлорпроизводных: дибензодиоксинов и дибензофуранов.

Наиболее эффективным решением выбрана совместное применение адсорбционного метода очистки, а также извлечения дисперсных примесей с использованием рукавных фильтров. Отходы, возникающие в результате очистки дымовых газов (золашлаки, а также непрореагировавшие реагенты), используются в качестве вторичных материальных ресурсов в строительстве.

Таким образом, предлагаемый в работе подход позволяет проводить эффективную утилизацию многотоннажных отходов промышленности, реализовать экологически безопасную энергоресурсосберегающую технологию и повысить энергетическую эффективность производства.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-79-10406, <https://rscf.ru/project/21-79-10406/>

Источники

1. Карманов А.П., Полина И.Н. Технология очистки сточных вод. Сыктывкар: Сыктывкарский лесной институт. 2015. 207 с.
2. Э. П. Доскина, А. В. Москвичева. Обработка и утилизация осадков городских сточных вод. М.: Инфра-инженерия. 2019. 221 с.
3. Николаева Л.А., Исхакова Р.Я. Адсорбционная очистка газовых выбросов отходом производства от оксидов азота //Наука и техника в газовой промышленности. №1. 2023. С.99-106.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СЕПАРАЦИИ АЭРОЗОЛЕЙ В ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ КАНАЛАХ

Клочкова Валентина Александровна

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Лаптев Анатолий Григорьевич

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

tvt_kgeu@mail.ru

В данном докладе рассматривается как численное, так приближенное моделирование явлений переноса и осаждения аэрозольных частиц на стенки вертикальных цилиндрических контактных устройств. Представление упрощенной математической модели разделения аэрозольных систем, где основной экспериментальной информацией об объекте является гидравлическое сопротивление канала при осесимметричном движении, а также с закруткой газа в цилиндрическом канале.

Ключевые слова: сепарация аэрозолей, математическая модель, моделирование

MATHEMATICAL MODEL OF SEPARATION OF AEROSOLS IN CYLINDRICAL VERTICAL CHANNELS

Klochkova Valentina A.

Scientific advisor Laptev Anatoly G.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

tvt_kgeu@mail.ru

This report discusses both numerical and approximate modeling of the phenomena of transfer and deposition of aerosol particles on the walls of vertical cylindrical contact devices. Presentation of a simplified mathematical model for the separation of aerosol systems, where the main experimental information about the object is the hydraulic resistance of the channel with axisymmetric motion, as well as with gas swirling in a cylindrical channel.

Key words: aerosol separation, mathematical model, modeling

В докладе рассматриваются стационарные процессы разделения в цилиндрическом канале при высокоскоростном движении аэрозольных сред как с осесимметричным, так и с закрученным движением. За счет высокоскоростного потока газа (8–45 м/с) достигаются небольшие массогабаритные характеристики аппаратов по сравнению, например, с насадочными или барботажными (пенными скрубберами). При одинаковом диаметре производительность аппаратов с

высокоскоростными дисперсно-кольцевыми потоками больше традиционных насадочных или тарельчатых в 6–10 и более раз. Газы могут быть очищены от дисперсной фазы со значительной эффективностью (до 99,99%) в высокоскоростном потоке. Дисперсной фазой являются как твердые частицы, так и мелкие капли ($<20\text{мкм}$), которые образуют аэрозольные системы. Контактные трубки могут выполняться дискретно – регулярной шероховатостью поверхности или закручивающими устройствами, что повышает эффективность сепарации.

Работы [1-3] занимаются изучением теоретических основ математического моделирования переноса явлений в дисперсно-кольцевых потоках. Представлены теоретические и экспериментальные аспекты разделения аэрозолей в закрученных потоках[4]. Такие задачи становятся важными, когда требуется разработка научно-технических решений для компактного аппарата с незначительными ограничениями на перепад давления.

При теоретических исследованиях движения аэрозольных частиц во всех формах турбулентности, как правило, допускают следующее:

1. Диаметр частиц небольшой сравнительно с масштабом несущих их пульсационных вихрей.
2. Обтекание частиц происходит при малых числах Рейнольдса.
3. Частицы имеют форму, близкую к сферической, полидисперсность частиц аэрозоля рассматривается пофракционно.
4. Кроме того, также присутствуют частицы, которые:
 - а) не препятствуют движению друг друга во время взаимных перемещений;
 - б) не сталкиваются и не сливаются друг с другом;
 - в) не оказывают значительного воздействия на турбулентные характеристики среды.

Концентрация частиц в воздухе при атмосферном давлении оценивается в 200 г/м^3 (для воздуха при атмосферных условиях), согласно экспериментальным данным Россетки и Пфедффера.

5. При теоретическом анализе движения аэрозольных частиц в различных режимах турбулентности обычно предполагается, что электростатические и прочие силы не гидродинамического характера остаются незначительными.

6. Срыв осажденной дисперсной фазы с поверхности канала незначительный, т.е. стенки условно поглощающие.

Уравнение переноса тонкодисперсной фазы (частиц) в газовой фазе имеет вид

$$w_{\Gamma}(r) \frac{\partial C_{\Gamma}}{\partial z} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left\{ r D_{\Gamma\Gamma} \frac{\partial C_{\Gamma}}{\partial r} - [ru_{\Gamma} C_{\Gamma}(r)] \right\}. \quad (1)$$

При решении системы уравнений (1) рассчитывается поле концентрации мелкодисперсной фазы вдоль радиальных и вертикальных координат ее канала. При заданном гидродинамическом режиме и начальной концентрации из решения уравнения (1) определяется среднее конечное значение на выходе из канала концентрации и эффективность процесса сепарации.

Источники

1. Сугак Е.В., Войнов Н.А., Николаев Н.А. Очистка газовых выбросов в аппаратах с интенсивными гидродинамическими режимами. Изд. 2-е. Казань: Отечество. 2009. 224 с.
2. Laptev A.G., Lapteva E.A. Numerical model of heat and mass transfer and separation of the dispersed phase in high-speed dispersed-annular flows of gas and liquid// Technical Physics. 2022.V. 92. № 9. P. 1129-1136.
3. Experimental Study and Numerical Simulation of Hydrodynamic Parameters of Tangential Swirlers / N. A. Voinov, A. S. Frolov, A. V. Bogatkova, D. A. Zemtsov // ChemEngineering. – 2022. – Vol. 6, No. 4.
4. Сопротивление тангенциальных завихрителей с кольцевыми каналами / Н. А. Войнов, А. В. Богаткова, Н. В. Дерягина [и др.] // Химия растительного сырья. – 2022. – № 1. – С. 335-342.

УДК 62-97/-98

СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ОТХОДОВ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ И КАМЕННЫХ УГЛЕЙ МАРОК «Д» И «ДГ»

Кузнецов Артем Борисович

Науч. рук. к.т.н. Шевырëв Сергей Александрович, к.т.н. Ушаков Константин Юрьевич,

к.т.н. Азиханов Сергей Сейфудинович

ФГБОУ ВО «КузГТУ», г. Кемерово

shpala_04@mail.ru

В статье представлены результаты экспериментального исследования сорбционной активности отходов резинотехнических изделий (РТО) и каменных углей марок «Д» и «ДГ». Установлено, что двухступенчатая обработка РТО позволяет получить сорбент с сорбционной активностью 81-103 мг/г, что примерно на 32 % выше, чем у каменных углей. При сравнении каменных углей для сопоставимых

экспериментальных условий большей сорбционной активностью обладает уголь марки «ДГ».

Ключевые слова: каменный уголь, резинотехнические изделия, сорбент, паровая активация, сорбционная активность.

SORPTION PROPERTIES OF WASTE RUBBER AND D AND DG GRADE HARD COALS

Kuznetsov Artem B.

Scientific advisor Shevyryov Sergey A., Ushakov Konstantin Y., Azikhanov Sergey S.

KSTU, Kemerovo

shpala_04@mail.ru

The article presents the results of an experimental study of waste rubber and D and DG grade hard coals sorption activity. The study revealed two-stage treatment of waste rubber produces sorbent with sorption activity of 81-103 mg/g, which is approximately 32% higher than that of hard coal. When comparing hard coals, DG grade coal demonstrated greater sorption activity under comparable experimental conditions.

Keywords: hard coal, rubber products, sorbent, steam activation, sorption activity.

Снижение экологической нагрузки на окружающую среду является одним из приоритетных направлений развития угольных предприятий. В результате добычи и последующей переработки угля образуется значительное количество материалов, пригодных к утилизации с получением полезных продуктов. Примером таких материалов являются: отходы крупногабаритных шин (РТО), уголь малого класса крупности, а также отходы углеобогачительных фабрик и др. [1].

Целью данного исследования является определение сорбционных свойств маловостребованных продуктов угледобычи с возможностью их последующего применения в качестве промышленных сорбентов. Для этого были отобраны образцы различных материалов: уголь марок «Д» и «ДГ» малого класса крупности (1,5-2,0 мм), а также РТО после термической обработки (2,0-3,5 мм).

Таблица 1

Характеристики исходных материалов

Образец	Элементный анализ				Технический анализ			Q_s (МДж·кг ⁻¹)
	C ^d , %	H ^d , %	N ^d , %	S ^d , %	A ^d , %	W ^a , %	V ^d , %	
Уголь «ДГ»	70,18	4,79	2,04	0,26	12,07	4,67	31,37	26,18
Уголь «Д»	68,33	4,38	1,77	0,23	15,36	5,53	32,18	25,01

РТО	86,6	8,0	1,4	1,7	0,9	5,8	69,8	35,21
-----	------	-----	-----	-----	-----	-----	------	-------

С целью определения характеристик исходного сырья был проведён элементный и технический анализы, а также определена низшая удельная теплота сгорания (Q_s).

Используя различные технологии обработки, из представленных материалов могут быть получены сорбенты, пригодные к использованию в очистных сооружениях промышленных предприятий.

В ходе экспериментальных исследований были опробованы технологии паровой газификации и пиролиза с последующей газификацией, более подробно описанные в [2]. Для углей технология обработки исходного сырья заключается в паровой активации исходного материала в кипящем слое газогенератора при температуре газифицирующего агента –водяного пара – около 850°C с отклонением не более 15°C и атмосферном давлении. Активация РТО подразумевает предварительный пиролиз исходного сырья при температуре 600°C с последующей углекислотной газификацией в диапазоне температур от 940°C до 980 °C. Время активации для угля – 5-20 минут, для РТО – 70 мин.

В результате воздействия на материалы, представленные в таблице 1, были получены углеродные сорбенты. Анализ сорбционной активности материалов выполнен по [3]. Результаты исследования сорбционной активности представлены в таблице 2.

Таблица 2

Сорбционная активность подготовленных материалов

Сорбционная активность, мг/г		
Уголь марки «Д»	Уголь марки «ДГ»	РТО
45,233	55,7593	81,952
55,5172	61,6197	83,876
61,4466	60,7249	102,52
67,4506	74,0229	103,3

По результатам экспериментальных исследований было выявлено, что полученные образцы являются сорбентами и обладают достаточной сорбционной активностью для использования в очистных сооружениях. Помимо этого, при одинаковых условиях обработки, уголь марки «ДГ» обладает большей сорбционной ёмкостью по сравнению с «Д». При этом, сорбенты, полученные на основе РТО, обладают, в среднем, на 32%

большей сорбционной активностью по сравнению с сорбентами, на основе каменноугольного сырья. Это может быть обусловлено большим содержанием углерода и меньшей зольностью в составе исходного сырья, а также структурными отличиями и содержанием различных функциональных групп (для угля преобладают валентные C-O-C, Si=O, S=O и внеплоскостные =C-H группы, в то время, как для РТО, помимо представленных выше групп, имеются валентные C=C, а также =C-H группы, что может обуславливать более высокую сорбционную активность сорбентов на основе РТО).

Источники

1. Худякова, Л. И. Использование отходов потребления в производстве асфальтобетонов / Л. И. Худякова, О. В. Войлошников // Научное обозрение. – 2016. – № 5. – С. 208-211. – EDN VXMVMP.

2. Перспективы получения углеродных сорбентов из углей марок Д и ДГ / С. А. Шевырёв, С. С. Азиханов, А. Р. Богомолов, А. Б. Кузнецов // Теплоэнергетика. – 2024. – №3. – С. 1-9.

3. ГОСТ 4453 – 74. Уголь активированный осветляющий порошкообразный. – М.: Государственный комитет СССР по стандартам, 1988.

УДК 628.165.048

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ГАЗОКОНТАКТНОЙ ОПРЕСНИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Лапшова Виктория Михайловна¹, Козлова Мария Владимировна²

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. Банников Александр Васильевич

^{1,2}ФГБОУ ВО «ИГЭУ», г. Иваново, Ивановская область

¹lapschova.victoria@yandex.ru, ²mariyakozylova1996@gmail.com

В работе представлены результаты расчетного исследования показателей эффективности работы разработанной газоконтактной опреснительной установки, утилизирующей теплоту дымовых газов, при разных режимных параметрах. Приведены ее тепловой, материальный и солевой балансы.

Ключевые слова: опреснительные установки, утилизация дымовых газов, материальный баланс, тепловой баланс, солевой баланс, производительность опреснительной установки.

FEATURES OF THE GAS CONTACT DESALINATION PLANT OPERATION

Lapshova Victoria M.¹, Kozlova Maria V.²

Scientific advisor Bannikov Alexander V.

^{1,2}ISPU, Ivanovo, Ivanovo Region

¹lapschova.victoria@yandex.ru ²mariyakozlova1996@gmail.com

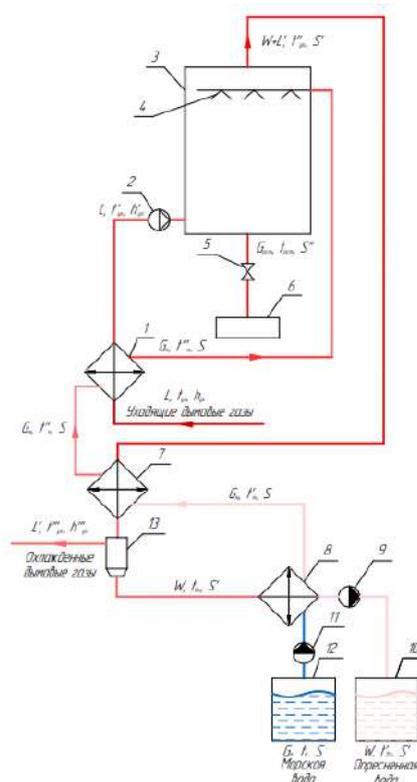
The paper presents the results of a computational study of the performance indicators of the developed gas-contact desalination plant, which recycles the heat of flue gases, at different operating parameters. Its thermal, material and salt balances are given.

Keywords: desalination plants, flue gas utilization, material balance, thermal balance, salt balance, desalination plant performance.

Применение контактного способа получения пресной воды в дистилляционных опреснительных установках позволяет снизить накипеобразование, а также использовать в качестве греющей среды различные источники бросовой теплоты, например уходящие газы котлов, газовых турбин, технологических и металлургических печей.

В таких установках уходящие газы используются как для непосредственного контакта с опресняемой водой, вызывая ее испарение с последующей конденсацией, так и для нагрева опресняемой воды в свободном объеме контактного теплообменника [1].

Авторами разработана оригинальная конструкция опреснительной установки [2], в которой в качестве греющей среды используются дымовые газы, при этом для повышения эффективности процесса получения пресной воды применяется регенерация теплоты обессоленной воды, влажных дымовых газов. Потоки энергии и массы, характерные для оригинальной газоконтактной опреснительной установки, приведены на рисунке, и их балансы представлены ниже (1), (2), (3).



Материальный и тепловой баланс газоконтактной опреснительной установки:

- 1, 8 – теплообменный аппарат; 2 – газодувка; 3 – контактная камера; 4 – форсунки; 5 – клапан слива концентрата; 6 – отстойник; 7 – теплообменник-осушитель; 9, 11 – насос; 10 – емкость-сборник пресной воды; 12 – емкость опресняемой воды; 13 – сепаратор

Уравнение теплового баланса контактной камеры газоконтактной опреснительной установки:

$$L \cdot h'_{yx} + G_M \cdot t'''_{M.p.m.v.} \cdot c_{p.m.v.} = (W + L') \cdot h''_{yx} + G_{ост} \cdot t_{ост} \cdot c_{p.ост}, \quad (1)$$

где L – расход уходящих дымовых газов, кг/с; h'_{yx} – энтальпия уходящих дымовых газов после их охлаждения в теплообменнике, Дж/кг; G_M – расход морской воды, кг/с; $t'''_{M.p.m.v.}$ – температура морской воды после предварительного нагрева, °С; $c_{p.m.v.}$ – теплоемкость морской воды, Дж/(кг·°С); W – пароводяная смесь после взаимодействия морской воды и дымовых газов в контактной камере, кг/с; L' – расход частично очищенных дымовых газов от диоксида углерода, кг/с; h''_{yx} – энтальпия увлажненных дымовых газов, Дж/кг; $G_{ост}$ – расход концентрата, сливающегося из контактной камеры, кг/с; $t_{ост}$ – температура концентрата, °С; $c_{p.ост}$ – теплоемкость концентрата, Дж/(кг·°С).

Уравнение материального баланса газоконтактной опреснительной установки:

$$G_{\text{м}} + L = W + L' + G_{\text{ост}}. \quad (2)$$

Баланс по соли газоконтактной опреснительной установки:

$$G_{\text{м}} \cdot S = (W + L') \cdot S' + G_{\text{ост}} \cdot S'', \quad (3)$$

где S – соленость морской воды, г/кг; S' – соленость опресненной воды г/кг; S'' – соленость концентрата, г/кг.

Основные затраты энергии для получения пресной воды в рассматриваемой установке приходятся на перемещение дымовых газов, а также опресняемой воды.

При работе данной установки достигается два эффекта: получение пресной воды и очистка дымовых газов от диоксида углерода.

Одним из параметров, оказывающих влияние на производительность установки, является температура осушки насыщенных дымовых газов, покидающих контактную камеру. Авторами выполнено расчетное исследование влияния данного параметра на расход обессоленной воды. В диапазоне температур осушки от 40 до 70 °С производительность установки возрастает лишь 1,1%, это обусловлено тем, что влагосодержание дымовых газов в данном диапазоне температур изменяется незначительно.

Источники

1. Слесаренко В.Н. Дистилляционные опреснительные установки. М., 1980. С. 248.
2. Лапшова В. М. Исследование способа утилизации и очистки дымовых газов. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, 2023. С. 74-78. (Образование. Наука. Производство: Сборник докладов XV Международного молодежного форума).

РАЗРАБОТКА ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЭНЕРГОУСТАНОВКИ С НЕСКОЛЬКИМИ ТОПЛИВНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Шалухо Андрей Владимирович¹, Липужин Иван Алексеевич²,
Бедретдинов Рустам Шамилевич³, Шувалова Юлия Николаевна⁴

Науч. рук. канд. техн. наук, заведующий НИЛ «АГЭК» Крюков Евгений Валерьевич
ФГБОУ ВО «НГТУ им. Р.Е. Алексеева», г. Нижний Новгород

¹shaluho@nntu.ru, ²lipuzhin@nntu.ru, ³bedretdinov@nntu.ru, ⁴yulia.shuvalova2017@yandex.ru

Эффективное применение технологий водородной энергетики, в частности топливных элементов (ТЭ), является одним из ключевых направлений развития электроэнергетики России. В статье приведено описание физической модели энергоустановки с тремя ТЭ, разрабатываемой в НГТУ и предназначенной для проведения исследований алгоритмов управления.

Ключевые слова: алгоритмы управления, топливный элемент, физическая модель.

DEVELOPMENT OF PHYSICAL MODEL OF POWER SOURCE WITH SEVERAL FUEL CELLS

Shalukho Andrey V.¹, Lipuzhin Ivan A.², Bedretdinov Rustam Sh.³, Shuvalova Yulia N.⁴
Scientific advisor Kryukov Evgeny V.

NNSTU named after R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod

¹shaluho@nntu.ru, ²lipuzhin@nntu.ru, ³bedretdinov@nntu.ru, ⁴yulia.shuvalova2017@yandex.ru

The effective application of hydrogen energy technologies, in particular, fuel cells (FC), is one of the main directions of the development of the electric power industry in Russia. Article describes the physical model of a power source with three FC, which is developed at the NNSTU. The model allows to conduct research on control algorithms for power system with FC.

Keywords: control algorithms, fuel cell, physical model.

Согласно Указу Президента РФ № 899 одним из приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации является водородная энергетика [1]. Топливные элементы (ТЭ), как ключевые составляющие водородной энергетики, уже применяются в системах электроснабжения объектов различных типов и мощностей. Совместное использование нескольких ТЭ для питания общей нагрузки позволяет повысить эффективность и ресурс энергоустановки. Такая

система получила название «мультистек» [2]. Для обеспечения наиболее эффективных режимов работы мультистека требуется интеллектуальная система управления, учитывающая текущие характеристики ТЭ.

Для исследования работы энергоустановки с несколькими ТЭ в НГТУ им. Р.Е. Алексеева разрабатывается физическая модель мультистека, состоящего из трех ТЭ с различными характеристиками.

Для разработки структуры мультистека проведен анализ возможных схемных решений объединения ТЭ [3, 4]. В итоге выбрана параллельная схема соединения ТЭ с индивидуальными преобразователями постоянного тока, которая позволяет управлять каждым ТЭ по отдельности и выводить из работы нужный ТЭ (рис. 1).

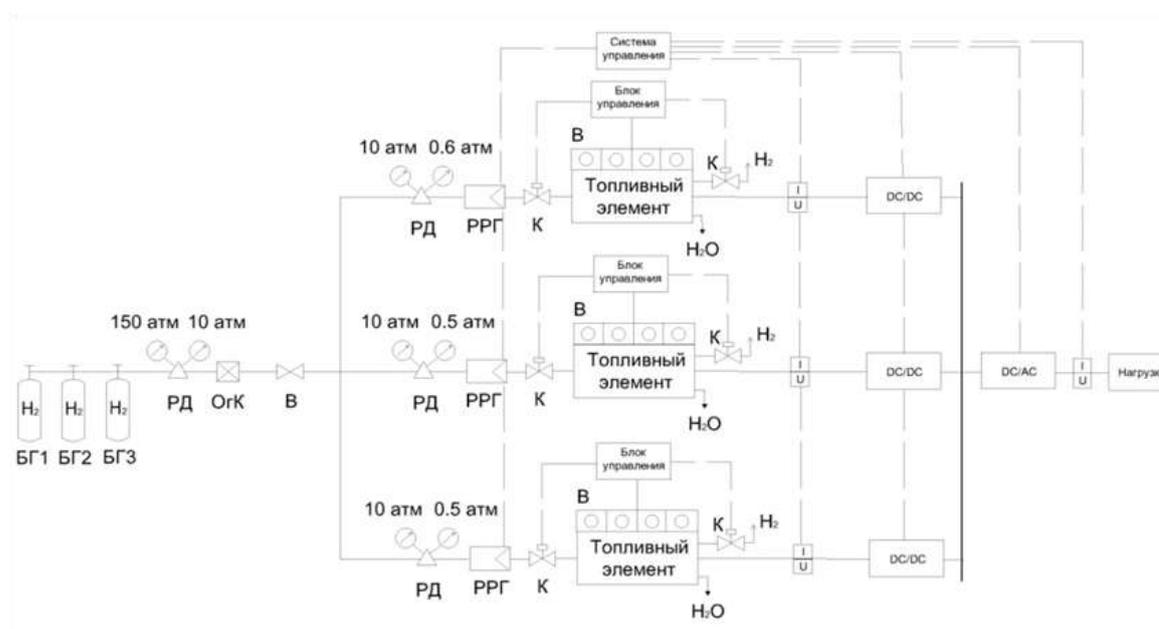


Рис. 1. Структурная схема физической модели: БГ – баллон с газом; РД – регулятор давления; ОГК – огнепреградительный клапан; В – вентиль; РРГ – регулятор расхода газа; К – электромагнитный клапан; DC/DC – понижающий преобразователь постоянного тока; DC/AC – однофазный инвертор; I, U – датчик тока и напряжения

В физической модели объединены три ТЭ: два ТЭ номинальной мощностью 1 кВт с отличающимися характеристиками и один ТЭ мощностью 2 кВт. На выходе ТЭ установлены понижающие преобразователи постоянного тока, снижающие выходное напряжение ТЭ до 48 В. После преобразователей установлен однофазный инвертор 220 В. В качестве нагрузки использована однофазная электронная нагрузка переменного тока. Также в состав модели входит запорно-регулирующая

арматура системы подачи водорода (регуляторы давления, клапаны), измерительные приборы (датчики тока, напряжения и расхода водорода), позволяющие снимать показания каждого ТЭ. Внешний вид физической модели показан на рис. 2.

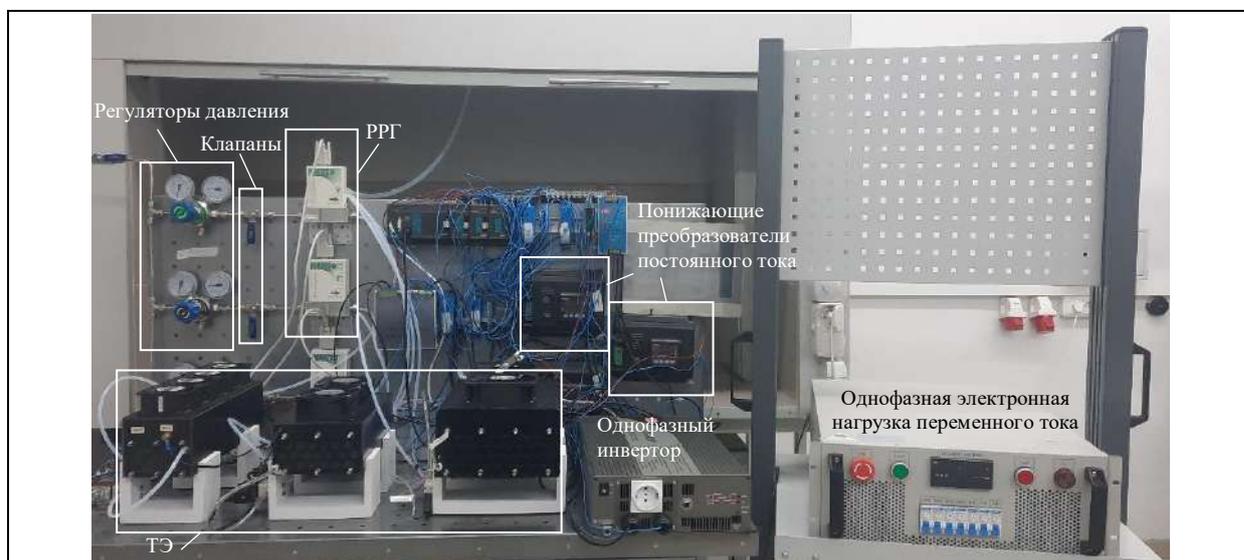


Рис. 2. Внешний вид физической модели

Разрабатываемая физическая модель предназначена для проведения экспериментальных исследований и отработки алгоритмов управления мультистеком с целью снижения расхода водорода, повышения КПД системы и увеличения ресурса мультистека.

Исследование выполнено в рамках государственного задания в сфере научной деятельности (тема №FSWE-2022-0005).

Источники

1. Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации: указ Президента РФ от 07.07.2011 № 899 // Собрание законодательства Российской Федерации. 2011. № 28. Ст. 4168.

2. Ma R., Chai X., Geng R., Xu L., Xie R., Zhou Y., Wang Y., Li Q., Jiao K., Gao F. Recent progress and challenges of multi-stack fuel cell systems: Fault detection and reconfiguration, energy management strategies, and applications // Energy Conversion and Management. 2023. Vol. 285. No. 117015.

3. Marx N., Boulon L., Gustin F., Hissel D., Agbossou K. A review of multi-stack and modular fuel cell systems: Interests, application areas and on-going research activities // International Journal of Hydrogen Energy. 2014. V. 39(23). P. 12101–12111.

4. Garnier J., De Bernardinis A., Péra M.-C., Hissel D., Candusso D., Kauffmann J.-M., Coquery G. Study of a PEFC power generator modular architecture based on a multi-stack association // Journal of Power Sources. 2005. V. 156(1). P. 108-113.

УДК 620.92

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВАРИАНТОВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ АГУЛЬСКОГО КОРДОНА

Яковкина Ариана Викторовна

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Яковкина Татьяна Николаевна

ФГБОУ ВО «БрГУ», г. Братск

arianahap@yandex.ru

В настоящее время электроснабжение кордона, расположенного в Топаларском заказнике, осуществляется за счёт дизель-генератора, что обуславливает высокую стоимость электроэнергии, приводит к регулярным перебоям в электроснабжении. Кроме того, использование дизель-генератора является нежелательным в заповедной зоне. В статье рассмотрены альтернативные варианты электроснабжения кордона.

Ключевые слова: заказник, альтернативные источники энергии, солнечная электростанция.

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF ALTERNATIVE POWER SUPPLY OPTIONS FOR THE AGULSKY CORDON

Yakovkina Ariana V.

Scientific advisor Yakovkina Tatiana N.

BrSU, Bratsk

arianahap@yandex.ru

Currently, the power supply of the cordon located in the Tofalarsky reserve is carried out at the expense of a diesel generator, which causes a high cost of electricity, leads to regular power outages. In addition, the use of a diesel generator is undesirable in a protected area. The article discusses alternative options for the cordon's power supply.

Keywords: nature reserve, alternative energy sources, solar power plant.

Тофаларский государственный заказник — это особо охраняемая природная территория, созданная с целью сохранения и восстановления редких и находящихся под угрозой исчезновения объектов флоры и фауны и осуществления экологического мониторинга [1]. Одна из главных достопримечательностей заказника — Агульское озеро (рис.1) — располагается в горном разрезе и окружено отвесными скалами.

На северо-западном берегу озера расположен кордон (рис.1), где на постоянной основе проживает персонал, обеспечивающий мониторинг, а также соблюдение в заказнике законов РФ. Суммарная мощность электроприёмников кордона составляет 7,2 кВт.

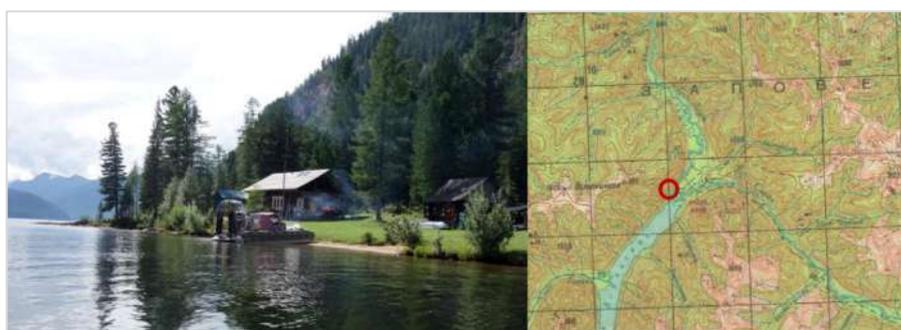


Рис. 1. Кордон на Агульском озере

В настоящее время электроснабжение кордона осуществляется с помощью дизель-генератора (ДГ), что связано со значительной отдалённостью кордона от центральной энергосистемы (~ 150 км) и невозможностью строительства воздушной линии в заказнике. Затраты на работу ДГ составляют 385 233 руб./год. Использование ДГ имеет ряд недостатков: дороговизна топлива и сложность его доставки на кордон, электроснабжение максимум 8 ч/сут, ремонт ДГ занимает значительное время и др. Кроме того, эксплуатация ДГ сопровождается выбросами вредных веществ, что нежелательно на территории заповедника.

С целью обеспечения надежного электроснабжения потребителей кордона на Агульском озере, а также снижения негативного влияния на окружающую среду возникает необходимость применения альтернативных источников энергии. В статье произведен анализ таких вариантов, как: ветровая электростанция (ВЭС), мини-гидроэлектростанция гирляндного типа (мГГЭС) и солнечная электростанция (СЭС).

Ветрогенераторы являются источником чистой электроэнергии, однако кордон расположен в низине, где скорость ветра незначительна, поэтому применение ВЭС в данном случае нецелесообразно.

Кордон находится в устье реки Сигач, скорость течения которой составляет 1,8 м/с. Расчёты показали, что для покрытия нагрузки мГГЭС необходимо 4 гирлянды по 6 поперечных турбин в каждой [2]. Достоинствами этого варианта являются: относительно низкие капиталовложения, возможность снятия/установки гирлянд в течении часа и нулевое влияние на миграцию рыбы. Однако применение мГГЭС исключает возможность электроснабжения кордона в зимний период за счёт промерзания реки.

Анализ солнечной активности в районе заказника выявил большой потенциал для установки СЭС. При помощи программы *System Advisor Model* [3] был произведен расчет прихода солнечной радиации на наклонную поверхность солнечных панелей. На основании полученных данных и суточных графиков нагрузок кордона была определена оптимальная комплектация СЭС (рис. 2, табл. 1).

Таблица 1

Комплектация СЭС

Комплектующие	Стоимость, руб.
AGM аккумулятор SunStonePower ML12-50 (50Ач), 14 шт.	146 202,00
Солнечная батарея SilaSolar 410Вт (TP), 10 шт.	141 370,00
Инвертор/ИБП Must EP3000 PRO 5К, 2шт.	132 754,00
Итого:	441 342,30

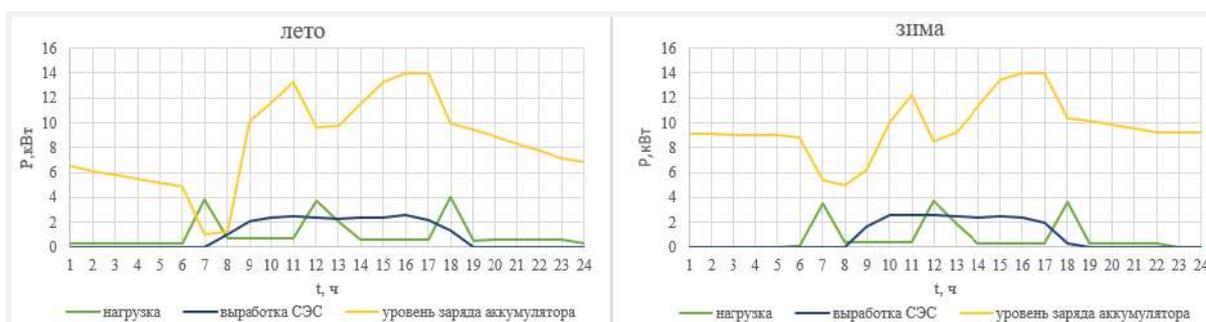


Рис. 2. Графики покрытия нагрузки кордона солнечной электростанцией

Рассмотренный вариант комплектации СЭС позволит полностью покрыть электрические нагрузки кордона с возможностью непрерывного электроснабжения потребителей в течении суток. При полном отказе от дизельного топлива срок окупаемости СЭС составит 1,1 года.

Источники

1. Тофаларский заказник. [Электронный ресурс]. <http://ru.wikipedia.org> (дата обращения 14.02.2024).
2. Возобновляемые источники энергии: учебное пособие к практическим занятиям/ И.М. Кирпичникова, Е.В. Соломин. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. – 50с.
3. Home - System Advisor Model - SAM. [Электронный ресурс]. <https://sam.nrel.gov/>(дата обращения 17.02.2024).

СЕКЦИЯ 11. КОНТРОЛЬ, АВТОМАТИЗАЦИЯ И ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ, ПОДСТАНЦИЙ И РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ

УДК 621.315.232

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФЕКТА В ВИДЕ ТРУБКИ С ВОЗДУХОМ В ВЫСОКОВОЛЬТНОМ КАБЕЛЕ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

Ахмадеев Азат Айратович

Науч. рук. д-р. физ.-мат. наук, проф. Усачев Александр Евгеньевич

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

Филиал АО «Татэнерго» Казанская ТЭЦ-1, г. Казань, Республика Татарстан

Aazat.97@mail.ru

В статье представлены результаты ряда моделирований дефектов разного размера в виде трубки с воздухом на разных расстояниях от токоведущей жилы в кабеле с изоляцией из сшитого полиэтилена. По данным моделирования получено аналитическое выражение, отражающее зависимость размера дефекта от расстояния до токоведущей жилы, а также рассчитан коэффициент связи напряжённостей в моделях с дефектом и без него.

Ключевые слова: частичный разряд, дефект, изоляция, кабель.

SIMULATION OF A DEFECT IN THE FORM OF A TUBE WITH AIR IN A HIGH-VOLTAGE CABLE WITH CROSS-LINKED POLYETHYLENE INSULATION

Akhmadeev Azat A.

Scientific advisor Usachev Alexander E.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

Branch of JSC Tatenergo Kazan power plant-1

Aazat.97@mail.ru

The article presents the results of a number of simulations of defects of different sizes in the form of a tube with air at different distances from a live conductor in a cable with cross-linked polyethylene insulation. According to the simulation data, an analytical expression reflecting the dependence of the defect size on the distance to the live conductor was obtained, and the stress coupling coefficient was calculated in models with and without a defect.

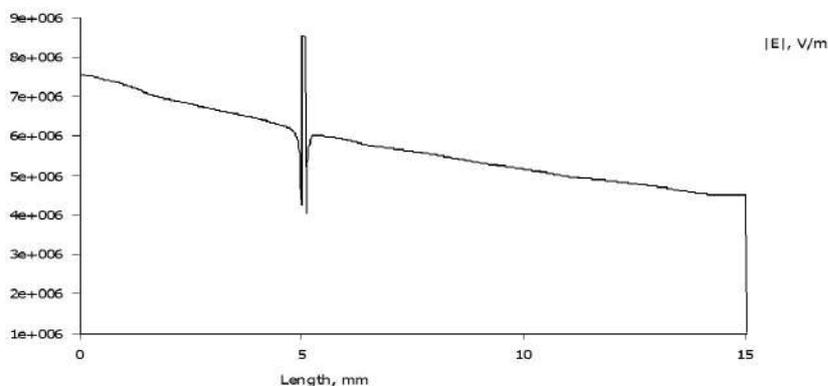
Keywords: partial discharge, defect, insulation, cable.

Ежегодно энергетические компании теряют средства и ресурсы вследствие повреждения кабельных линий [1]. Анализируя статистику можно прийти к выводу, что чаще всего причиной становится плохое состояние изоляции кабельной линии. Нередко такое состояние связано с появлением и развитием частичных разрядов в кабеле. Электрическая изоляция является важным элементом, требующим контроля, поскольку она подвержена выходу из строя при высоких электрических нагрузках [2]. Поэтому необходим контроль состояния изоляции кабельных линий на предмет частичных разрядов.

Для оценки возможности возникновения частичного разряда в дефекте в виде трубки с воздухом в высоковольтном кабеле с изоляцией из сшитого полиэтилена было использовано программное обеспечение FEMM 4.2. Данная программная среда позволяет анализировать электромагнитные поля с использованием конечно-элементного метода. В ходе моделирования потенциал на экране принимался равным нулю, а потенциал токопроводящей жилы составлял амплитудное фазное значение – 89 кВ. Исходные данные для моделирования представлены в таблице ниже.

Исходные данные моделирования

Тип кабеля:	ПвПг 1000/850
Материалы:	Медь (токоведущая жила) Поливинилхлорид (полупроводящий экран по токоведущей жиле, изоляции) Поливинилхлорид (изоляционный слой) Воздух (дефект в виде трубки с воздухом)
Граничные условия:	Фазное напряжение (89 кВ) Земля (0 кВ)



Распределение напряженности электрического поля в изоляционном слое при дефекте размером 0,1 мм на расстоянии 5 мм от токоведущей жилы

При интерпретации результатов моделирования необходимо учесть результаты измерений и расчета минимального постоянного электрического поля пробоя воздуха при атмосферном давлении в плоском межэлектродном промежутке при различных межэлектродных расстояниях [3].

По результатам моделирования были получены крайние точки, в которых возможно возникновение частичного разряда. По данным точкам с помощью аппроксимации получено аналитическое выражение, отражающее зависимость размера дефекта от расстояния до токоведущей жилы.

$$y = -144.74x^2 + 177.3x - 7.3 \quad (1)$$

В ходе обработки результатов моделирования также был рассчитан коэффициент связи напряженностей, отражающий отношение напряженностей электрического поля в моделях с дефектом и без него на одинаковых расстояниях от токоведущей жилы. Средний коэффициент составил – 1,37.

Источники

1. Ахмадеев А.А. Способы измерения и проблемы регистрации частичных разрядов в кабельных линиях // XXV Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный дню энергетика. - Казань: Центр публикационной активности КГЭУ, 2021. - С. 3-5.
2. Галиева Т.Г., Иванов Д.А., Садыков М.Ф., Андреев Н.К., Хамидуллин И.Н. Метод и устройство диагностики состояния высоковольтных изоляторов на основе непрерывной регистрации пространственного уровня электромагнитного излучения частичных разрядов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. - 2022. - №24. - С. 165-177.
3. Александров А.Ф., Бычков В.Л., Грачев Л.П., Есаков И.И., Ломтева А.Ю. Ионизация воздуха в околокритическом электрическом поле // Журнал технической физики. – 2006. – том 76.- С. 38-43.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕФЕКТА В ВИДЕ СФЕРЫ С ВОЗДУХОМ В ВЫСОКОВОЛЬТНОМ КАБЕЛЕ С ИЗОЛЯЦИЕЙ ИЗ СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА

Ахмадеев Азат Айратович

Науч. рук. д-р. физ.-мат. наук, проф. Усачев Александр Евгеньевич

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

Филиал АО «Татэнерго» Казанская ТЭЦ-1, г. Казань, Республика Татарстан

Aazat.97@mail.ru

В статье представлены результаты ряда моделирований дефектов разного размера в виде сферы с воздухом на разных расстояниях от токоведущей жилы в кабеле с изоляцией из сшитого полиэтилена. По данным моделирования получено аналитическое выражение, отражающее зависимость размера дефекта от расстояния до токоведущей жилы, а также рассчитан коэффициент связи напряжённостей в моделях с дефектом и без него.

Ключевые слова: частичный разряд, дефект, изоляция, кабель.

SIMULATION OF A DEFECT IN THE FORM OF A SPHERE WITH AIR IN A HIGH-VOLTAGE CABLE WITH CROSS-LINKED POLYETHYLENE INSULATION

Akhmadeev Azat A.

Scientific advisor Usachev Alexander E.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

Branch of JSC Tatenergo Kazan power plant-1

Aazat.97@mail.ru

The article presents the results of a number of simulations of defects of different sizes in the form of a sphere with air at different distances from a live conductor in a cable with cross-linked polyethylene insulation. According to the simulation data, an analytical expression reflecting the dependence of the defect size on the distance to the live conductor was obtained, and the stress coupling coefficient was calculated in models with and without a defect.

Keywords: partial discharge, defect, insulation, cable.

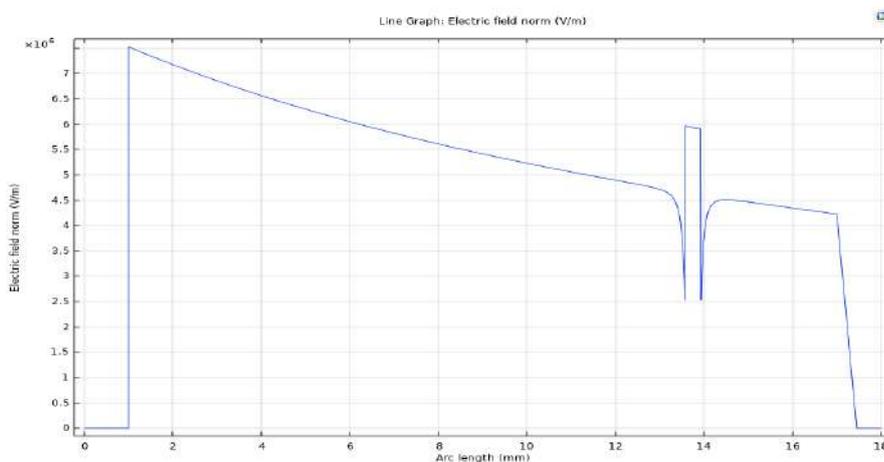
Ежегодно энергетические компании теряют средства и ресурсы вследствие повреждения кабельных линий [1]. Анализируя статистику можно придти к выводу, что чаще всего причиной становится плохое

состояние изоляции кабельной линии. Нередко такое состояние связано с появлением и развитием частичных разрядов в кабеле. Электрическая изоляция является важным элементом, требующим контроля, поскольку она подвержена выходу из строя при высоких электрических нагрузках [2]. Поэтому необходим контроль состояния изоляции кабельных линий на предмет частичных разрядов.

Для оценки возможности возникновения частичного разряда в дефекте в виде сферы с воздухом в высоковольтном кабеле с изоляцией из сшитого полиэтилена было использовано программное обеспечение COMSOL. Данная программная среда позволяет анализировать электромагнитные поля с использованием конечно-элементного метода. В ходе моделирования потенциал на экране принимался равным нулю, а потенциал токопроводящей жилы составлял амплитудное фазное значение – 89 кВ. Исходные данные для моделирования представлены в таблице ниже.

Исходные данные моделирования

Тип кабеля:	ПвПг 1000/850
Материалы:	Медь (токоведущая жила) Поливинилхлорид (полупроводящий экран по токоведущей жиле, изоляции) Поливинилхлорид (изоляционный слой) Воздух (дефект в виде трубки с воздухом)
Граничные условия:	Фазное напряжение (89 кВ) Земля (0 кВ)



Распределение напряженности электрического поля в изоляционном слое при дефекте размером 0,35 мм на расстоянии 13,75 мм от токоведущей жилы

При интерпретации результатов моделирования необходимо учесть результаты измерений и расчета минимального постоянного электрического поля пробоя воздуха при атмосферном давлении в плоском межэлектродном промежутке при различных межэлектродных расстояниях [3].

По результатам моделирования были получены крайние точки, в которых возможно возникновение частичного разряда. По данным точкам с помощью аппроксимации получено аналитическое выражение, отражающее зависимость размера дефекта от расстояния до токоведущей жилы.

$$y = -61.18x^2 + 69.51x - 3.44 \quad (1)$$

В ходе обработки результатов моделирования также был рассчитан коэффициент связи напряженностей, отражающий отношение напряженностей электрического поля в моделях с дефектом и без него на одинаковых расстояниях от токоведущей жилы. Средний коэффициент составил – 1,27.

Источники

1. Ахмадеев А.А. Способы измерения и проблемы регистрации частичных разрядов в кабельных линиях // XXV Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный дню энергетика. - Казань: Центр публикационной активности КГЭУ, 2021. - С. 3-5.
2. Галиева Т.Г., Иванов Д.А., Садыков М.Ф., Андреев Н.К., Хамидуллин И.Н. Метод и устройство диагностики состояния высоковольтных изоляторов на основе непрерывной регистрации пространственного уровня электромагнитного излучения частичных разрядов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. - 2022. - №24. - С. 165-177.
3. Александров А.Ф., Бычков В.Л., Грачев Л.П., Есаков И.И., Ломтева А.Ю. Ионизация воздуха в околокритическом электрическом поле // Журнал технической физики. – 2006. – том 76.- С. 38-43.

ДИСТАНЦИОННОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ОГРАНИЧИТЕЛЕЙ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Байгутлин Айдар Ильгизович

Науч. Рук. к.т.н., доцент Зарипов Дамир Камилевич
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
ajdarajdarajdar@mail.ru

Необходимость проведения диагностики оборудования и, в частности, ограничителей перенапряжения состоит в том, чтобы выявить на ранних стадиях возникшие дефекты, развитие которых может привести к аварии. Задача предлагаемого решения - повышение достоверности и оперативности получения результатов мониторинга любого типа ограничителей напряжения под рабочим напряжением. В докладе рассмотрен метод диагностирования ограничителей перенапряжения при помощи беспилотных летательных аппаратов и датчика тока утечки.

Ключевые слова: ограничители перенапряжения, токи утечки, дистанционное диагностирование, беспилотные летательные аппараты, датчик тока.

REMOTE DIAGNOSIS OF SURGE ARRESTERS USING UNMANNED AERIAL VEHICLES

Baigutlin Aidar I.

Scientific advisor Zariyov Damir K.
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
ajdarajdarajdar@mail.ru

The need to diagnose equipment and, in particular, surge arresters is to identify defects at an early stage, the development of which can lead to an accident. The objective of the proposed solution is to increase the reliability and efficiency of obtaining monitoring results of any type of voltage limiters under operating voltage. The article presents a method for diagnosing surge arresters using unmanned aerial vehicles and neural networks.

Keywords: surge arresters, leakage currents, remote diagnostics, unmanned aerial vehicles, current sensor.

Ограничители перенапряжения (ОПН) – это важный элемент электрической системы, который защищает оборудование от повреждений,

вызванных внезапными перепадами напряжения. Для эффективной работы ограничителя необходимо правильно его диагностировать и проводить регулярные проверки.

Что касается их изготовления, то за последние десятилетия ограничители перенапряжения потерпели структурные изменения, повлиявшие на изменения их свойств. Например, внешний корпус ограничителя перенапряжения когда-то был изготовлен из фарфора, в то время как сейчас это простой силиконовый материал.

Хотя усовершенствования снизили стоимость и продлили срок службы ограничителей перенапряжения, некоторые недостатки все еще влияют на их жизненный цикл. Например, при неисправности ограничителя перенапряжения силиконовый материал корпуса не позволяет визуально обнаружить саму неисправность (как это было возможно в случае с фарфоровым). Следовательно, работники служб не могут найти и заменить неисправный ограничитель перенапряжения путем визуального осмотра в полевых условиях. Кроме того, постоянное приложение переменного напряжения к элементу является причиной утечки тока, которые способствуют старению ограничителя перенапряжения. В [1] ток утечки, протекающий через ограничитель перенапряжения, измеряется с использованием волоконно-оптической технологии. Вместо этого в [2, 3] предлагается новый метод изоляции опасной составляющей тока утечки. Кроме того, в [4, 5] представлены исследования, в которых изображения ограничителей перенапряжения с термокамер объединяются с третьей гармоникой тока утечки для оценки состояния их “работоспособности”.

Было рассмотрено установленное на полюсе ОПН устройство на базе микроконтроллера для определения тока утечки. Датчик тока отправляет результаты измерений на микроконтроллер, который может обрабатывать их, используя все возможные методы в частотной области. В дополнение к этому система укомплектована парком беспилотных летательных аппаратов, способных получать данные, собранные вышеупомянутой системой сбора данных (измерения тока утечки).

Полученные результаты подтверждают эффективность и точность как разработанной системы сбора данных, так и ее системы связи [6].

Так как ограничители перенапряжения — это устройства, действующие в критических условиях, диагностика может быть затруднена из-за недостаточной связи с оборудованием, например, из-за недостаточно надежного интернет-соединения. Метод, представленный в

работе, может решить проблему при помощи системы сбора данных от датчика тока к беспилотному летательному аппарату.

Источники

1. Taskin T., Introduction of a measurement system to monitor the condition of ZnO surge, IEEE Power Engineering Society Winter Meeting, Singapore, Jan. 2000.

2. Arshad S. M., Rodrigo A. S., Modified phase shifting of leakage current to condition monitoring of metal oxide surge arresters in power system, Moratuwa Engineering Research Conference, Moratuwa June 2018.

3. Abdul-Malek Z., Yussof N., Yousof M. F. M., Field experience on surge arrester condition monitoring – Modified shifted current method, International Universities Power Engineering Conference, Sept. 2010.

4. Kayan H., Eslampanah R., Yeganli F., Askar M., Heat leakage detection and surveillance using aerial thermography drone, Signal processing and Communications Applications Conference, Izmir, May 2018.

5. Novizon, Abdul-Malek Z., Electrical and temperature correlation to monitor fault condition of ZnO surge arrester, International Conference on Information Technology, Computer, and Electrical Engineering, Semarang, Oct. 2016.

6. Cavaliere D., Mingotti A., Pasini G., Peretto L., Tinarelli R., MV Surge Arresters Monitoring Using Drone Technology, Department of Electrical, Electronic and Information Engineering “G. Marconi” Alma Mater Studiorum – University of Bologna, Sept. 2019.

УДК 621.315.624

СИСТЕМЫ ОНЛАЙН ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ОПОРНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ НА ПОДСТАНЦИИ

Гизатулин С.Я.

Науч. рук. к.т.н, доцент Зарипов Д.К.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

saidgizatulin1990@mail.ru

Проведение анализа состояния и ремонтно-восстановительных работ электрооборудования напрямую связано с надёжностью функционирования подстанций. Для повышения надёжности эксплуатации электрооборудования и

обеспечения бесперебойной передачи электроэнергии используют различные методы диагностики. В работе проведен анализ систем онлайн диагностирования опорных изоляторов в режиме реального времени.

Ключевые слова: опорные изоляторы, система диагностирования, онлайн мониторинг, подстанция.

ONLINE DIAGNOSTIC SYSTEM FOR SUPPORT INSULATORS AT A SUBSTATION

Gizatulin S.Y.

Scientific advisor Zaripov D.K.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

saidgizatulin1990@mail.ru

The analysis of the condition and repair and restoration work of electrical equipment is directly related to the reliability of substations. Various diagnostic methods are used to improve the reliability of electrical equipment operation and ensure uninterrupted power transmission. The article describes a system of online diagnostics of support insulators in real time.

Keywords: support insulators, diagnostic system, online monitoring, substation.

В современном мире существует растущая потребность в надежности и безопасности работы электроэнергетических систем. Опорные изоляторы на подстанциях играют ключевую роль в обеспечении работы сети, предотвращая возможные аварийные ситуации. Однако изоляторы подвержены различным видам износа и повреждений, которые могут привести к сбоям в работе оборудования и неполадкам в электроснабжении. Поэтому важно иметь систему мониторинга и диагностирования состояния опорных изоляторов на подстанции, которая позволит выявлять потенциальные проблемы и предотвращать аварийные ситуации

Таким образом, основной задачей системы онлайн диагностирования опорных изоляторов на подстанции является постоянный мониторинг состояния изоляторов с целью раннего обнаружения и прогнозирования возможных дефектов и повреждений. Система позволяет проводить непрерывное контролирование электрических параметров изоляторов, выявлять возможные утечки тока, короткие замыкания и другие неполадки, что позволяет оперативно принимать меры по их устранению. В результате, улучшается надежность работы подстанции, сокращается время простоя и возможные аварийные ситуации [1].

Существуют различные методы диагностирования. Метод тепловизионного наблюдения при онлайн диагностировании опорных изоляторов на подстанции основан на использовании теплового излучения, которое исходит от поверхности объектов. Тепловизионная камера, установленная на подстанции, захватывает излучение с поверхности опорных изоляторов и преобразует его в изображение температурного распределения. Это позволяет оперативно принимать меры по предотвращению аварийных ситуаций и обеспечивать надежную работу оборудования подстанции за счёт быстрой и эффективной диагностики состояния изоляторов без необходимости их выключения, мониторинга температурных изменений для предотвращения перегрева и повреждений [2].

Автором было проведено исследование и сделан вывод о высокой эффективности данного метода, поскольку специалисты могут определить те изоляторы, которые имеют аномально высокие температуры, что может свидетельствовать о проблеме в их работе и принять меры по их ремонту или замене для повышения надежности энергосистемы.

Перспективным направлением развития диагностики является использование сенсоров и датчиков на опорных изоляторах. Благодаря непрерывному мониторингу состояния опорных изоляторов при помощи датчиков, которые позволяют собирать информацию о таких параметрах, как: температура, ток, напряжение, влажность, вибрации можно оперативно реагировать на любые аномалии и проводить необходимые профилактические мероприятия [3,4].

Автором было проведено исследование о использовании сенсоров и датчиков для онлайн диагностирования опорных изоляторов и сделаны выводы, что позволяет снизить риски возникновения простоев и аварий, повысить эффективность обслуживания оборудования и улучшить качество энергоснабжения. Кроме того, использование современных технологий онлайн диагностики позволяет сократить расходы на техническое обслуживание и увеличить срок службы опорных изоляторов [5].

Источники

1. Кучинский Г.С. Кизеветтер В.Е. Пинталь Ю.Суравьева Е.А. Изоляция установок высокого напряжения: Учеб. для вузов по спец. "Техника и электрофизика высок. напряжений" / Г. С. Кучинский, В. Е. Кизеветтер, Ю. С. Пинталь; Под общ. ред. Г. С. Кучинского. - Москва : Энергоатомиздат, 1987. - 367 с.

2. Чунихин А.А. Аппараты высокого напряжения : [Учеб. пособие для вузовского спец. "Электр. аппараты"] / А. А. Чунихин - Москва : Энергоатомиздат, 1985. - 432 с.

3. Stéfano FrizzoStefenon, Laio OrielSeman, Nemesio FavaSopelsa Neto, Luiz HenriqueMeyer, AdemirNied, .Echo state network applied for classification of medium voltage insulators / Stéfano FrizzoStefenon // International Journal of Electrical Power & Energy Systems – 2022. - Volume 134.

4. Пат. 2731169 Российская Федерация, МПК G01R31/08. Датчик для системы непрерывного контроля состояния изолирующих конструкций /Зарипов Д.К. Насибуллин Р.А., Ибрагимов Р.Р., Игтисамов М.Ч.; заявитель и патентообладатель ОАО «Сетевая компания» № 2019145586; заявл. 30.12.2019; опубл. 31.08.2020, Бюл. № 25, 10 с.

5. Галкин А.Г., Несенюк Т.А. Контроль и диагностика изоляторов линий электропередач / А. Г. Галкин, Т. А. Несенюк // Электрификация транспорта / ISSN 2307-4221 Электрификация транспорта, №6. – 2013.

УДК 621.315.624

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ ИНДИКАТОРОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ И УВЛАЖНЕНИЯ

Закиров Динар Файзелханович

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Зарипов Дамир Камилевич

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

qwerty2014dinar@gmail.com

В данной работе рассматривается вопрос оценки состояния высоковольтных изоляторов при их загрязнении и увлажнении с применением индикаторов собственной разработки [3-5]. Представлены результаты лабораторных экспериментов, в ходе которых подтверждена эффективность применения разработанных индикаторов и выявлены характерные особенности развития разрядной деятельности на загрязненной поверхности изоляторов, которые могут быть использованы в качестве диагностических признаков для оценки состояния изоляторов.

Ключевые слова: воздушная линия электропередачи, высоковольтные изоляторы, загрязненная поверхность, пробой изоляции, частичный разряд, увлажнение.

DEVELOPMENT AND APPLICATION OF INDICATORS FOR ASSESSING THE CONDITION OF HIGH-VOLTAGE INSULATORS UNDER CONDITIONS OF CONTAMINATION AND MOISTENING

Zakirov Dinar F.

Scientific advisor Zaripov Damir K.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

qwerty2014dinar@gmail.com

This paper deals with the issue of assessing the condition of high-voltage insulators when they are contaminated and moisturized with the use of in-house developed indicators [3-5]. The results of laboratory experiments are presented, in the course of which the efficiency of the developed indicators application is confirmed and the characteristic features of the discharge activity development on the contaminated surface of insulators are revealed, which can be used as diagnostic signs to assess the condition of insulators.

Keywords: overhead power line, high-voltage insulators, contaminated surface, insulation breakdown, partial discharge, moistening.

Согласно материалам информационной бюллетени, выпущенной Исполнительным комитетом Электроэнергетического Совета СНГ [1], более 17% аварийных отключений линий электропередачи напряжением 110 кВ и выше вызваны перекрытием и повреждением подвесных изоляторов. Загрязнение изоляционной поверхности осаждаемыми из воздуха частицами (твердыми, жидкими и газообразными) с их последующим увлажнением исторически является одной из главных причин перекрытия изоляторов, приводящих к отключению линии электропередачи, а в некоторых случаях, при серьезном повреждении изоляции, длительному перерыву в энергоснабжении.

Изучение влияния загрязнения и увлажнения поверхности высоковольтных изоляторов на их разрядные характеристики остается актуальной научной задачей и на сегодняшний день. Решение данной задачи позволит развить существующие представления о механизмах формирования и развития разрядов на поверхности изоляционных конструкций и сформулировать соответствующие диагностические признаки, применимые для осуществления контроля состояния изоляции.

С этой целью в условиях учебно-научной лаборатории «Техника высоких напряжений» на базе кафедры «Электрические станции» им. В.К. Шибанова ФГБОУ ВО КГЭУ была разработана и изготовлена специальная экспериментальная установка (см. рисунок).

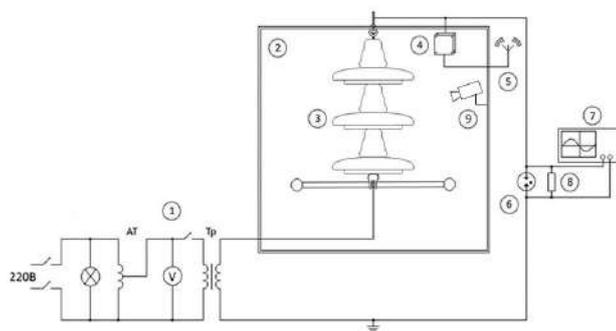


Схема экспериментальной установки

1 – испытательная установка 110 кВ; 2 –испытательная камера; 3 – объект испытаний; 4 – датчики индикатора собственной разработки; 5 – беспроводной передатчик; 6 – разрядник; 7 – осциллограф; 8 – резистор $R=1$ кОм; 9 – видеокамера

Испытательная камера (2) представляет собой куб, изготовленный из экструзионного пенополистирола, внутрь которого, подается туман, генерируемый двумя увлажнителями. Скорость подачи пара – 300 мл/ч. Внутри камеры помещается объект испытаний (3) - гирлянда изоляторов типа ПС-70Е, подключенная к испытательной установке (1). Загрязнение изоляторов проводится в соответствии с требованиями ГОСТ 10390-2015 [2].

Исследование заключается в непрерывной регистрации тока утечки по поверхности изолятора с помощью цифрового осциллографа (7), а также сигналов, поступающих с датчиков индикатора собственной разработки (4) [3-5]. В качестве дополнительной меры контроля, в течение всего эксперимента ведется видео регистрация установленной внутри видеокамерой (9).

В результате проведенных экспериментов подтверждена эффективность применения разработанных индикаторов и выявлены характерные особенности развития разрядной деятельности на загрязненной поверхности изоляторов, которые могут быть использованы в качестве диагностических признаков для оценки состояния изоляторов.

Источники

1. Обзор аварийности и травматизма в электроэнергетических системах государств-участников СНГ за 2020 год: инф. бюллетень № 21. Исполнительный комитет Электроэнергетического совета СНГ, 2021. 141 с.

2. ГОСТ 10390-2015. Электрооборудование на напряжение свыше 3 кВ. Методы испытаний внешней изоляции в загрязненном состоянии. М.: Стандартинформ, 2016. 16 с.

3. Пат. 2731169 Российская Федерация, МПК G01R31/08. Датчик для системы непрерывного контроля состояния изолирующих конструкций /Зарипов Д.К. Насибуллин Р.А., Ибрагимов Р.Р., Игтисамов М.Ч.; заявитель и патентообладатель ОАО «Сетевая компания» № 2019145586; заявл. 30.12.2019; опубл. 31.08.2020, Бюл. № 25, 10 с.

4. Пат. 2517776 Российская Федерация, МПК G01R31/08. Способ оптической дистанционной диагностики изолирующей конструкции / Зарипов Д.К.; заявитель и патентообладатель Зарипов Д.К. № 2012151785/28; заявл. 03.12.2012; опубл. 27.05.2014, 6 с.5. Массомер CORIMASS 10G+ MFM 4085 K/F [Электронный ресурс]. http://cdn.krohne.com/dlc/MA_CORIMASS_G_ru_72.pdf (дата обращения: 12.03.15).

5. Пат. 2660754 Российская Федерация, МПК G01R31/08. Световой индикатор состояния изолирующей конструкции /Зарипов Д.К. Насибуллин Р.А., Маргулис С.М., Ибрагимов Р.Р., Игтисамов М.Ч.; заявитель и патентообладатель ОАО «Сетевая компания» № 2017125424; заявл. 14.07.2017; опубл. 09.07.2018 Бюл. № 19, 10 с.

УДК 621.315

МОБИЛЬНАЯ ОНЛАЙН СИСТЕМА КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ

Захаров А.В.¹, Закиров Д.Ф.²

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Зарипов Д.К.

^{1,2} ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹koktel42@mail.ru, ²qwerty2014dinar@gmail.com

В работе проанализирована статистика отказов воздушных линий электропередачи. Разработан экспериментальный образец переносного устройства контроля состояния изоляторов. Проведена экспериментальная проверка работоспособности данного устройства.

Ключевые слова: высоковольтные изоляторы, дефекты, дистанционная диагностика, внезапные отказы, эксплуатационные факторы.

MOBILE ONLINE SYSTEM FOR OVERHEAD LINE INSULATION CONDITION MONITORING

Zakharov A.V. ¹, Zakirov D.F. ²

Scientific advisor Zaripov D.K.

^{1,2} KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan.

¹koktel42@mail.ru, ²qwerty2014dinar@gmail.com

The paper analyses the statistics of failures of overhead power lines. An experimental sample of a portable insulator condition monitoring device is developed. Experimental testing of the device performance has been carried out.

Keywords: high-voltage insulators, defects, remote diagnostics, sudden failures, operational factors.

Серьезной проблемой при эксплуатации воздушных линий электропередачи (ВЛ) являются внезапные перекрытия изоляции, не связанные с природными или техногенными аномалиями. Интенсивность таких аномалий сопоставима с грозовыми перекрытиями. Эти отказы не приводят к большому недоотпуску электроэнергии (более 70 % сопровождаются успешным АПВ), но требуют затрат на послеаварийные мероприятия, включая расходы на амортизацию оборудования, осмотры и замену изоляторов [1].

Совершенствование систем контроля, обеспечивающих постоянное технологическое наблюдение за состоянием изоляции ВЛ, которое позволит осуществить переход от планового технического обслуживания к обслуживанию изоляции в соответствии с её техническим состоянием, является важным аспектом для обеспечения надёжности передачи электроэнергии на высоковольтных воздушных линиях и актуальной задачей для энергетической отрасли в целом.

Объект исследования: приборы диагностирования изоляции ВЛ 35 – 500 кВ.

Цель исследования: разработка экспериментального образца мобильного онлайн устройства для сбора телеметрической информации о состоянии изоляторов.

Мобильное устройство диагностирования изоляции воздушных линий будет использоваться в качестве переносного регистратора сигналов, которые передает датчик системы контроля воздушных линий (СКВЛ) [2]. Блок-схемы стационарной и мобильной СКВЛ изображены на рис. 1.

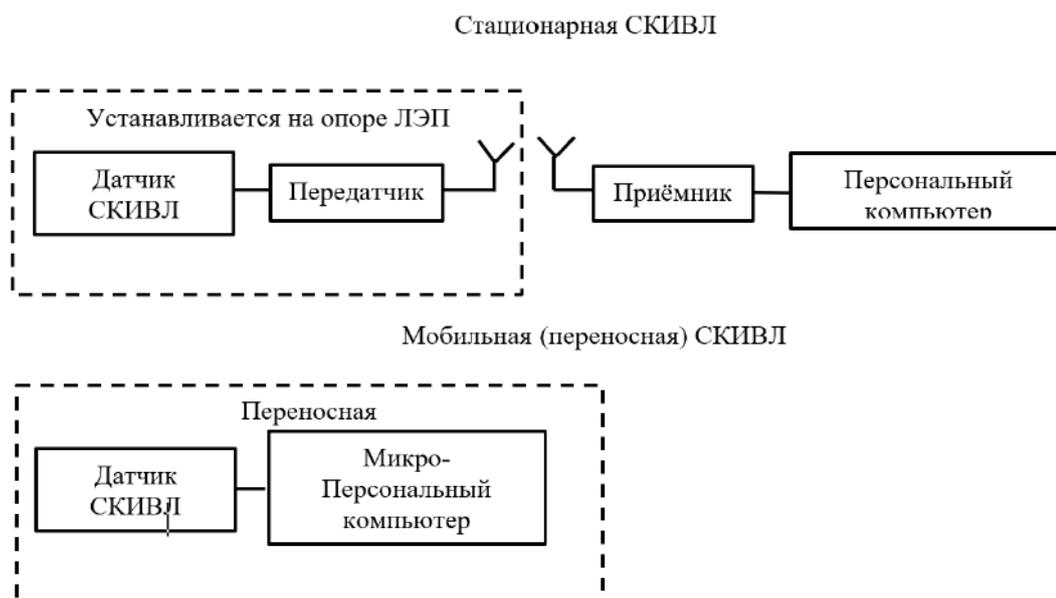


Рис. 1 Блок-схема стационарной и мобильной СКИВЛ

Проверка работоспособности мобильной СКИВЛ производилось путем регистрации сигналов от гирлянды подвесных изоляторов в камере тумана. По результатам полученных данных, были построены графики зависимости сигналов датчика от времени. На рис.2. приведен результат одного из экспериментов, где зеленый график отображает изменение низкочастотной составляющей электрического поля в области гирлянды изоляторов, а красный - высокочастотной, вызванной частичными разрядами.

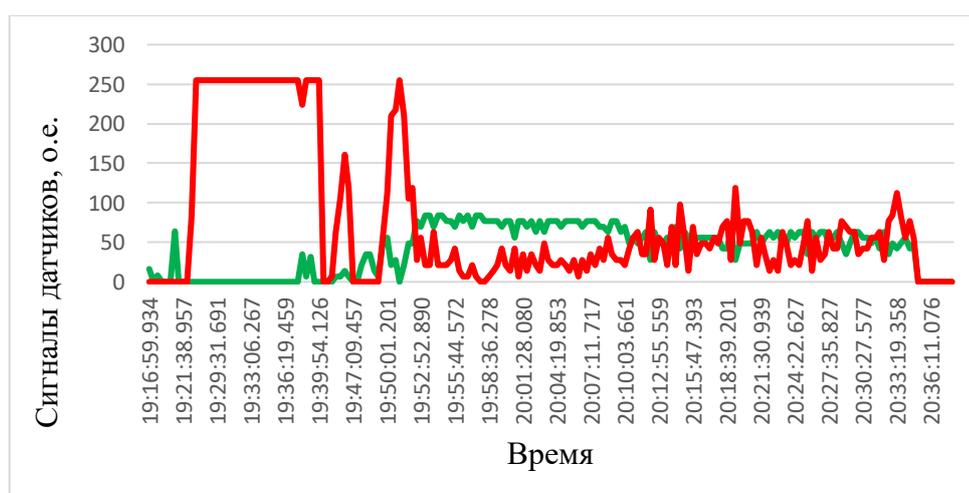


Рис. 2 График зависимости сигналов датчика от времени. Зеленый-сигналы с низкочастотного канала, красный – высокочастотного.

В экспериментах с гирляндой стеклянных изоляторов в камере тумана показана работоспособность разработанного устройства.

Источники

1. D. K. Zaripov, D. F. Zakirov, A. V. Zakharov, "Dynamics of development of discharges on the contaminated surface of insulators in the process of wetting as a diagnostic sign," Proc. SPIE 12986, Third International Scientific and Practical Symposium on Materials Science and Technology (MST-III 2023), doi: 10.1117/12.3017199

2. Патент № 2731169 С1 РФ, МПК G01R 31/08. Датчик для системы непрерывного контроля состояния изолирующих конструкций: № 2019145586: заявл. 30.12.2019: опубл. 31.08.2020 / Д. К. Зарипов, Р. А. Насибуллин, Р. Р. Ибрагимов, М. Ч. Игтисамов.

УДК 621.314

ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ И ДИАГНОСТИКИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Лоиков Нушозар Мирзоназарович

Науч. рук. к.т.н. доцент Гатауллин Айрат Мухамедович

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

loiqzodanushozar00@mail.ru

В последние десятилетия нетрадиционные методы, основанные на акустических и электромагнитных измерениях, сочетаются с традиционными методами мониторинга силовых трансформаторов, выявления и локализации источников ЧР. В данной статье подчеркивается необходимость мониторинга ЧР в силовых трансформаторах и дается обзор различных методов измерения ЧР.

Ключевые слова: мониторинг состояния, электрическая изоляция, срок службы, частичный разряд, силовой трансформатор, моделирование частичного разряда, ультравысокочастотные (УВЧ) измерения.

DEVELOPMENT OF A PARTIAL DISCHARGE METHOD FOR DIAGNOSTICS OF POWER TRANSFORMERS INSULATION

Loiqov Nushozar M.

Scientific advisor Gataullin Airat M.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

loiqzodanushozar00@mail.ru

In recent decades, unconventional methods based on acoustic and electromagnetic measurements have been combined with traditional methods for monitoring power transformers, identifying and localizing PD sources. This article highlights the need for PD monitoring in power transformers and provides an overview of various PD measurement techniques.

Keywords: condition monitoring, electrical insulation, service life, partial discharge, power transformer, partial discharge modeling, ultra-high frequency (UHF) measurements.

В представленной статье обсуждены различные подходы к измерению частичных разрядов (ЧР), разработанные для силовых трансформаторов. Проанализированы нетрадиционные методы измерения ЧР, показаны их преимущества, недостатки и тенденции дальнейшего развития. Рассмотрены вопросы развития синхронных измерений ЧР с помощью дистанционных датчиков и датчиков УВЧ в сочетании с фильтрами для идентификации и локализации источника ЧР без использования контактных датчиков.

Мониторинг ЧР в силовых трансформаторах является ключевым для оценки ухудшения состояния их системы изоляции, особенно, когда трансформатор находится в эксплуатации [1]. Кроме того, измерения ЧР на месте перед вводом в эксплуатацию также представляют интерес для оценки системы изоляции силовых трансформаторов в случае повреждения при транспортировке и разворачивании в полевых условиях.

Виды отказов трансформаторов подстанций с номинальным напряжением выше 100 кВ обусловлены главным образом диэлектрическими, механическими и электрическими проблемами, см. рис. 1. Кроме того, как показано на рис. 2, более 40% крупных отказов происходит в неоднородностях соединений изоляции и обмотках.

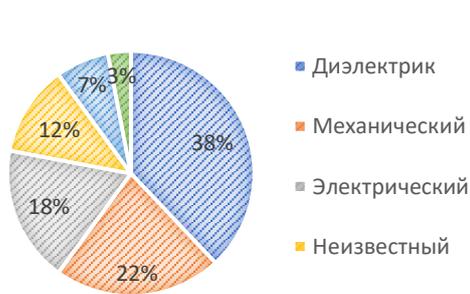


Рис. 1. Виды отказов трансформаторов



Рис.2. Статистика отказов силовых трансформаторов

В связи с ключевой ролью силовых трансформаторов в электрических сетях крайне важно оценить возможные повреждения в системе их изоляции. Одним из наиболее распространенных способов предотвращения отключений является диагностирование состава и оценка диэлектрических свойств масла трансформатора.

Использование нетрадиционных методов диагностики изоляции позволяет локализовать дефект внутри бака силового трансформатора и повысить чувствительность обнаружения дефектов. С этой целью необходимо установить датчики на стенках бака и/или в расширительном клапане масла силового трансформатора.

При наличии ЧР, в силовых трансформаторах могут проявляться различные физические явления, такие как возникновение токов через изоляцию, распространение ультразвука в масле, электромагнитных (ЭМ) волн, образование газов, например, водорода. Все эти физические эффекты, свидетельствующие о деградации изоляции, можно оценить по характеристикам ЧР [2].

Другим типом нетрадиционного метода является оценка сигналов акустической эмиссии (АЭ) ЧР помощью акустических датчиков диапазона 150 кГц [3, 4]. Кроме того, используя как минимум четыре датчика, можно будет локализовать источники ЧР в трансформаторах, например, в трансформаторах. используя, среди прочего, алгоритмы триангуляции

Эти датчики могут быть установлены снаружи на стенке резервуара. Однако их чувствительность очень низка из-за затухания распространения акустических волн через нефть и имеет те же проблемы, что и метод УВЧ в отношении многолучевого распространения. Более высокие характеристики датчика можно получить, если он установлен внутри резервуара, но необходимо провести дальнейшие исследования для изучения ускоренного старения датчика, погруженного в среду трансформатора при длительном воздействии. В этом смысле можно

считать, что новые оптические датчики устанавливаются внутри бака трансформатора для измерения света, распространяющегося за счет активности ЧР. Некоторыми преимуществами этих датчиков являются широкий спектральный диапазон срабатывания (от ультрафиолета до ближнего инфракрасного диапазона), высокая устойчивость к электромагнитным помехам и высокий уровень интеграции. В настоящее время этот тип технологии зарекомендовал себя как встроенный оптический мониторинг частичных разрядов в системах газовой изоляции, и в ближайшем будущем потребуется время для ее применения в силовых трансформаторах.

Источники

1. Gataullin A.M. Insulator's electrical strength estimation under AC applied voltage // В сборнике: Proceedings - 2019 International Ural Conference on Electrical Power Engineering, UralCon 2019. 2019. PP. 35-39.
2. Macià-Sanahuja, C.; Lamela, H.; García-Souto, J.A. Fiber optic interferometric sensor for acoustic detection of partial discharges. J. Opt. Technol. 2007, 74, 122–126.
3. Gataullin A.M. Recording and processing of partial discharge signals // Instruments and Experimental Techniques. 2014. v. 57. № 4. PP. 426-430.
4. Макаревич Л.В., Шифрин Л.Н., Алпатов М.Е. Современные тенденции в создании и диагностике силовых трансформаторов большой мощности // Изв. РАН. Сер. Энергетика. 2008. № 1. С. 45—69.

УДК 621.314

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ИЗОЛЯЦИИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Лоиков Нушозар Мирзоназарович

Науч. рук. к.т.н. доцент Гатауллин Айрат Мухамедович

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

loiqzodanushozar00@mail.ru

Известно, что обнаружение частичных разрядов (ЧР) в высоковольтном электрооборудовании может осуществляться несколькими способами, включая регистрацию электромагнитных волн, акустических сигналов, электрических сигналов

и по характеристикам оптического излучения. В данной работе основное внимание уделяется разработке метода регистрации ЧР с помощью датчиков ультравысокочастотного (УВЧ) диапазона электромагнитного излучения (ЭМИ).

Ключевые слова: диагностика силовых трансформаторов, электромагнитного излучения (ЭМИ), датчик ультравысокочастотный (УВЧ), метод частичных разрядов (ЧР).

DEVELOPMENT OF A PARTIAL DISCHARGE METHOD FOR DIAGNOSTICS OF POWER TRANSFORMERS INSULATION

Loiqov Nushozar M.

Scientific advisor Gataullin Airat M.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

loiqzodanushozar00@mail.ru

It is known that detection of partial discharges (PD) in high-voltage electrical equipment can be carried out in several ways, including registration of electromagnetic waves, acoustic signals, electrical signals and by the characteristics of optical radiation. This work focuses on the development of a method for recording PD using ultra-high-frequency (UHF) electromagnetic radiation (EMR) sensors.

Keywords: diagnostics of power transformers, electromagnetic radiation (EMR), ultra-high frequency (UHF) sensor, partial discharge (PD) method.

Partial discharge is a type of spark discharge that occurs when a small area of insulation is partially blocked. PD are characterized by low power (on the order of milliwatts); an increase in the PD repetition rate leads to heating and destruction of the insulation. At the same time, the characteristics of the PD can be used to judge the pre-breakdown situation [1]. Detection and localization of PD in power transformers are important from the point of view of preventing failure of high-voltage electrical equipment [2, 3].

Registration and analysis of PD characteristics in the UHF EMR range is widely used for monitoring high-voltage transformers by reducing noise levels. In addition, the attenuation of UHF signals in oil insulation is minimal, which ensures high sensitivity to PD under operating conditions. In laboratory conditions, the source of exemplary PD is a surface-needle setup. Typically, PD recording is carried out in the frequency range from 0.4 GHz to 3 GHz. Registration of PD in the UHF EMR range for testing power transformers for defects has high sensitivity compared to other methods [4].

A typical installation of an insulation monitoring system for PD characteristics in the UHF EMR range consists of special electromagnetic antennas that are mounted on the transformer tank; filters and amplifiers are used to increase the signal-to-noise ratio. The data is usually transmitted in digital form, which, in addition to the PD data, includes the phase of the applied voltage and the clock frequency to construct amplitude-phase diagrams (APDs) and PD spectra. Partial discharge in a transformer is believed to originate from a point source associated with a defect. In laboratory conditions, the role of such a source is played by a model surface-needle system, while PD is recorded both using a telescopic antenna with subsequent signal processing on a personal computer, and using special antennas of different frequency ranges.

Detection of partial discharges in transformers is a critical aspect of power system maintenance and reliability. Partial discharge is a local breakdown of insulating materials, which, if undetected, can lead to equipment failure. PD detection and monitoring are essential to ensure safe and efficient operation of transformers.

Monitoring partial discharge phenomena in high-voltage power systems and equipment is considered an important measurement for preventive maintenance of equipment in service or for evaluating the performance of new equipment introduced by industry. Thus, the ability and suitability of using appropriate sensors with specific PD measurement properties and techniques to obtain reliable PD measurement results on power transformers is a gap that can potentially be addressed and included as critical issues in expanding research in the future.

To register PD in power transformers, a compact system for recording PD from several sensors is important.

To develop such a system, the laboratory conducted studies of PD characteristics with various sensors over a wide frequency range. Particular attention was paid to the pre-emergency situation. It has been established that the signs of a pre-breakdown situation are the ordering of PD, an increase in their frequency and a shift of the PD spectrum to the UHF EMR region. A comparison of PD characteristics in the UHF and HF EMR ranges was carried out, on the basis of which it was concluded that in the UHF EMR range it is much more promising to detect the development of insulation defects compared to the HF EMR range. , especially narrowband sensors with 5 MHz bandwidth. In this case, both telescopic antennas and special multi-band UHF antennas can be used to detect PD.

It is concluded that a data collection system based on PD sensors from a telescopic antenna, a narrow-band tunable UHF EMR receiver with signal

processing based on a compact microcomputer is the most promising in terms of detection and localization of PD in a transformer.

It is also concluded that the advantage of microwave PD monitoring is the ability to detect PD at an early stage of defect development, which allows timely maintenance and prevents deterioration of the power transformer insulation. In addition, UHF sensors can be easily placed near important parts of the power transformer, such as near the bushings or around the power transformer tank. The UHF sensor has several advantages, including high sensitivity, wide bandwidth, and the ability to detect PD in various parts of power transformers.

Источники

1. Akbari, A.; Werle, P.; Borsi, H.; Gockenbach, E. Transfer function-based partial discharge localization in power transformers: A feasibility study. *IEEE Electr. Insul. Mag.* 2002, 18, 22–32.

2. Judd, M.D. Experimental comparison of UHF sensor types for PD location applications. In *Proceedings of the 2009 IEEE Electrical Insulation Conference, Montreal, QC, Canada, 31 May–3 June 2009*; pp. 26–30.

3. Gataullin A.M. Insulators electrical strength estimation under AC applied voltage // В сборнике: *Proceedings - 2019 International Ural Conference on Electrical Power Engineering, UralCon 2019*. 2019. PP. 35-39.

4. Macià-Sanahuja, C.; Lamela, H.; García-Souto, J.A. Fiber optic interferometric sensor for acoustic detection of partial discharges. *J. Opt. Technol.* 2007, 74, 122–126.

УДК 681.586.78

РЕШЕНИЯ ПО УЛУЧШЕНИЮ КАЧЕСТВА НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ ДВИГАТЕЛЕЙ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Нгуен Зуи Хынг

Вьет-Хунгкий индустриальный университет, Ханой, Вьетнам

hungnguyenat73@gmail.com

В этой статье рассматриваются проблемы, связанные с качеством электроэнергии, негативное влияние на качество электроэнергии и обратное влияние этого фактора на эффективный срок службы асинхронных двигателей. Обсуждаются решения по улучшению качества электроэнергии, особенно решение по компенсации

реактивной мощности. Предложен метод определения оптимальной величины компенсации реактивной мощности асинхронного двигателя большой мощности.

Ключевые слова: качество электроэнергии, компенсация реактивной мощности, колебания напряжения.

SOLUTIONS TO IMPROVE VOLTAGE QUALITY FOR LARGE CAPACITY MOTORS IN POWER SYSTEMS

Nguyen Duy Hung

Viet-Hung Industrial University, Hanoi, Vietnam

hungnguyenat73@gmail.com

This article introduces the issues related to power quality, causes an adverse effect on the power quality and reverse the impact of this factor to the effective working life of induction motors. The solution to improve power quality, especially the reactive power compensation solution are discussed. A method of determining the optimal compensation amount of reactive power to the high power induction motor is proposed.

Keywords: power quality, reactive power compensation, voltage fluctuations.

Наряду с развитием науки и техники проблема качества электроэнергии становится все более актуальной для каждой страны мира. Грамотное решение этой проблемы поможет стране эффективно и экономно использовать энергию, повысить надежность и безопасность электроснабжения (тем самым обеспечив энергетическую безопасность), увеличить долговечность и мощность. эффективность работы оборудования для производства, передачи, распределения и использования электроэнергии и особенно обеспечение здоровья потребителей электроэнергии и решение таких проблем, как мерцание напряжения, которые могут повлиять на здоровье работников [1], [2].

Качество поставляемой электроэнергии может иметь прямое влияние на многих промышленных потребителей. Сегодня промышленные производственные линии оснащены современным оборудованием и высоким уровнем автоматизации. Эти устройства и линии зачастую более чувствительны к параметрам подаваемой электроэнергии, чем предыдущие поколения. предыдущее электромеханическое оборудование. Чем крупнее масштабы производства и чем современнее используемое оборудование, тем серьезнее становятся последствия плохого качества электроэнергии (падение напряжения, нестабильность частоты, появление высших гармоник, перебои в электроснабжении и.т.д.). серьезный [1]. Плохое

качество электроэнергии может снизить производительность электрооборудования, вызвать дополнительные потери активной мощности и электроэнергии, вызвать явления нагрева, сократить срок службы оборудования и вызвать проблемы с электричеством. здоровье работников,...

Одной из наиболее распространенных нагрузок в системах распределения электроэнергии являются асинхронные двигатели (составляющие до 45-50% мощности всех видов нагрузок). Преимущество этих двигателей заключается в простой конструкции, легкости регулировки скорости и мощности, поэтому они широко используются. Однако из-за рабочих характеристик устройства эти двигатели вызывают множество проблем с качеством электроэнергии и потерями активной мощности, особенно при пуске. При запуске ротор закорачивается, поэтому ток очень сильно возрастает, а вместе с ним и колебания напряжения. По мере ускорения ротора этот ток будет постепенно уменьшаться. Во время пуска и регулировки скорости асинхронный двигатель потребляет много энергии.

Это не только вызывает проблемы с качеством электроэнергии, но и сами двигатели очень чувствительны к этим изменениям, в частности, следующим образом [3], [4].

Последствия падения напряжения: низкое напряжение в сети приведет к значительному снижению производительности двигателя. Если напряжение снижается на 5% по сравнению с номинальным, КПД двигателя снижается примерно на 1%; если напряжение на двигателе уменьшится на 10%, КПД уменьшится на 2%. Это количество мощности превратится в тепло, вызывая нагрев двигателя.

Влияние коэффициента мощности: коэффициент мощности $\cos\phi$ представляет собой соотношение между активной мощностью P и полной мощностью S . Для асинхронных двигателей $\cos\phi$ часто бывает низким (ниже 0,85) из-за большого протеста мощности. Такое количество реактивной мощности вызовет огромные потери в виде тепла на кабелях и трансформаторах (общие потери на заводах могут достигать 8-10%, потери в средних трансформаторах). напряжение около 2,5%, трансформатор 110 кВ около 1,5%, потери в кабельных линиях могут составлять от 4 до 6%). Низкий коэффициент $\cos\phi$ также приводит к снижению напряжения на двигателях, что приводит к снижению потерь в двигателях.

Влияние асимметрии трехфазного напряжения на производительность двигателя [5]. Обычно двигатели большой мощности являются трехфазными. Если напряжение на трех фазах будет разным, это

приведет к вибрации, тряске двигателя и увеличению потерь. Обычно, когда трехфазное напряжение отличается примерно на 2%, потери в двигателе увеличиваются на 8%, при 3,5% потери увеличиваются на 25%, а при 5% потери увеличиваются на 50%. Поэтому необходимо поддерживать трехфазное напряжение примерно равным, отклонение не более 2%.

Влияние гармоник на двигатель [6]. гармоники – это искажения напряжения, вызванные электронными устройствами и дугами. Если гармоники менее 5 %, потери двигателя увеличиваются примерно на 4,26 %. Однако для больших гармоник (несколько десятков %) потери могут увеличиться на 30-35%.

Видно, что основное влияние качества электроэнергии на производительность асинхронных двигателей оказывают проблемы с качеством напряжения, в том числе: низкое падение напряжения, низкий коэффициент мощности, проблема асимметрии напряжения. и гармоники. Повысить эффективность двигателей можно путем добавления устройств регулирования напряжения, компенсации реактивной мощности и фильтрации гармоник. Высокоскоростные устройства компенсации реактивной мощности позволят значительно повысить эффективность электростанции, а также снизить потери и увеличить срок службы оборудования [4].

Одним из важнейших вопросов в проблеме компенсации является выбор оптимальной компенсационной мощности и компенсационного оборудования с невысокой ценой, способного работать длительное время. Ранее стояла задача выбора компенсационной мощности в электрооборудовании влияние компенсации на эффективность самого асинхронного двигателя часто упускают из виду. Поэтому расчет мощности будет не совсем точным.

Цель этой статьи - найти способ определить наилучшую величину компенсации реактивной мощности для асинхронных двигателей.

В современных электросетях наиболее распространенным устройством компенсации реактивной мощности в электросетях являются статические конденсаторы из-за их выдающихся преимуществ, таких как низкая стоимость, малые потери, простота установки. Кроме того, с развитием промышленности силовой электроники, основные недостатки статических конденсаторов в прошлом, такие как сложность плавной компенсации реактивной мощности, легкость перегрузки при возникновении нелинейных нагрузок (из-за резонанса) или легкость потери мощности. Устойчивость системы при переключениях постепенно снижается и при замене механических пускателей коммутационными

устройствами с тиристорным управлением [2].

В статье проанализирована взаимосвязь качества электроэнергии и производительности асинхронных электродвигателей большой мощности в энергосистеме. Исходя из этого, мы предлагаем решение для расчета мощности быстрой компенсации для асинхронных электродвигателей, чтобы гарантировать, что потери активной мощности во всей системе минимальны. Результаты измерений, протоколы приемки блоков, использующих гибридные компенсационные устройства, показывают, что помимо почти мгновенного улучшения коэффициента мощности $\cos\phi$ в зависимости от изменения нагрузки, гибридные компенсационные устройства вполне возможно увеличить напряжение. Благодаря этому повышается эффективность работы нагрузки, особенно у электродвигателей большой мощности.

Источники

1. Tran Dinh Long, Power quality research handbook, Vietnam Electricity Association, 2014.
2. Bui Anh Tuan, Dinh Ngoc Quang, Summary report on the topic at the Ministry of Industry and Trade level: "Research and manufacture of reactive power compensation devices in low voltage power grids based on hybrid principles", 2014.
3. Miloje Kostic, Induction Motors - Modelling And Controll, Intech 2012.
4. Austin Bonnet, The Impact That Voltage Variations Have on AC Induction Motor Performance, Pulp and Paper- IEEE, 1999.
5. Bonnett, A.H. An overview of how AC induction motors' performance has been affected by the October 24, 1997 Implementation of the Energy Policy Act of 1992. IEEE Transaction on Industry Applications, Vol.36, No1, 2000, pp. 242-256.
6. Kravčik. A.E. Induction Machines. Handbook (Moscow, 1982), p. 504, (in Russian).

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ, ВКЛЮЧАЯ ВИЭ В РОССИИ

¹Олейник Филипп Юрьевич, ²Куракина Ольга Евгеньевна

^{1,2}ФГБОУ «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹jrekt@bk.ru ²Random_jj@mail.ru

Данный тезис исследует перспективы развития распределенной генерации энергии с акцентом на включение возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в России. Рассматривается текущее состояние и потенциал распределенной генерации, особенно, в контексте использования ВИЭ, таких как солнечная и ветровая энергия.

Ключевые слова: распределенная генерация, возобновляемые источники энергии, когенерационная установка, передача электроэнергии.

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF DISTRIBUTED GENERATION, INCLUDING RES IN RUSSIA

¹Oleynik Filipp Yu., ²Kurakina Olga E.

^{1,2} KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹jrekt@bk.ru ²Random_jj@mail.ru

This thesis explores the prospects for the development of distributed energy generation with an emphasis on the inclusion of renewable energy sources (RES) in Russia. The current state and potential of distributed generation is considered, especially in the context of the use of renewable energy sources, such as solar and wind energy.

Keywords: distributed generation, renewable energy sources, cogeneration plant, electricity transmission.

Энергия один из важных ресурсов планеты. Потребность в ней с каждым днем становится все больше, а запасы уменьшаются. Вследствие этого люди стали придумывать способы экономии и разумного распределения энергии. Поэтому, на сегодняшний день возобновляемые источники энергии совместно с распределённой генерацией являются важными направлениями развития мировой энергетики. Они обладают большим количеством достоинств, и количеством недостатков, что заставляет многие страны задуматься и начать развивать распределенную генерацию.[1]

Распределенная генерация - это производство и хранение электроэнергии, выполняемые различными небольшими устройствами, подключенными к сети или распределительной системе, которые называются распределенными энергетическими ресурсами.

Системы распределенной генерации по сравнению с обычными электростанциями, являются более гибкими технологиями, они расположены близко к нагрузке, которую обслуживают, в то время как атомные, угольные, газовые и гидроэлектростанции требуют транспортировки энергии на большие расстояния. Такие системы обычно используют возобновляемые источники энергии и за счет этого играют большую роль в распределенной генерации. Они используют энергию солнца, ветра, геотермальных источников, биогаз и т.д.[2]

Распределенная генерация предоставляет широкий спектр возможностей, включая автономное функционирование, как альтернативу централизованным энергетическим системам. Она способна компенсировать пиковые нагрузки, работая параллельно с основными энергосистемами, а также возможна экспортная функция в распределительные сети. Кроме того, распределенная генерация может играть ключевую роль в регулировании напряжения и обеспечении дополнительной реактивной мощности.[3]

Очевидно, система распределенной генерации нужна и будет широко внедряться в электрических сетях на территории России. Перспективы развития распределенной генерации в нашей стране обусловлены следующими факторами:

1. Большое расстояние между централизованными источниками энергии и новыми промышленными объектами. С экономическим развитием нашей страны, на отдаленных территориях появляется все больше предприятий.

2. Рост тарифов на электрическую энергию и ее передачу. В некоторых регионах, где тариф очень дорогой, строительство собственной генерации будет намного дешевле, особенно если вводить когенерационную установку.

3. Высокая стоимость и длительное технологическое присоединение. Новые энергопринимающие устройства долго присоединяются к централизованной системе. Так же это сопровождается большими затратами денежных средств и трудностями согласования между субъектами электроэнергетики.

4. Климат России. Благодаря климату нашей страны существует спрос на тепловую энергию. Следовательно, в стране есть большой

потенциал для развития распределённой когенерации, то есть небольших ТЭЦ и энергоцентров, которые располагаются близко к потребителям и обеспечивают их как электрической, так и тепловой энергией.[4]

Развитие распределенной генерации, особенно с учетом интеграции возобновляемых источников энергии (ВИЭ), представляет собой значимый шаг в направлении обеспечения устойчивого энергетического будущего России. Все выше сказанное говорит о важности внедрения и развития технологий распределенной генерации в энергетику нашей страны. Что повысит экономику регионов за счет использования местного топлива, обеспечит развитие экономически эффективных децентрализованных и индивидуальных систем теплоснабжения, а так же уменьшит количество регионов с нехваткой энергии и увеличит уровень их самообеспеченности.

Источники

1. Jordehi A.R. Allocation of distributed generation units in electric power systems: A review // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2016. No. 56. С. 893-905.

2. Каргиев М.В. Распределенная генерация энергии с использованием возобновляемых источников энергии // *Energy Fresh*. 2016 С. 42-45.

3. Н. В. Puttgen. Distributed generation: Semantic hype or the dawn of a new era? / Н. Puttgen, P. Macgregor. – N.Y.: *IEEE Power Energy Mag*. 2017. – С.318.

4. Дмитриева Е. В. Перспективы распределенной генерации в России: реферат //Е. В. Дмитриева / Иркутский государственный технический университет [Электронный ресурс]. <https://cinref.ru/razdel/04400proizvodstvo/18/413805.htm> (дата обращения: 24.02.2024).

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ МАСЕЛ НА ПРЕДМЕТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОСТОРОННИМИ ЧАСТИЦАМИ

Юдин Андрей Дмитриевич

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Кубарев Артём Юрьевич

ФГБОУВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

Andreww_999@mail.ru

В большинстве случаев определение физических свойств объектов путём применения контактных методов представляется трудным или невозможным. В то же время оценка посредством использования оптических методов диагностики является бесконтактной и неразрушающей. Именно поэтому особенно важно применение неразрушающих бесконтактных методов, в частности, тех, что основаны на рассеивании излучения.

Ключевые слова: трансформаторное масло, трансформатор, загрязнение частицами трансформаторного масла, старение изоляции.

ANALYSIS OF THE CONDITION OF TECHNICAL OILS FOR CONTAMINATION BY FOREIGN PARTICLES

Yudin Andrey D.

Scientific advisor Kubarev Artem Yu.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

Andreww_999@mail

In most cases, it is difficult or impossible to determine the physical properties of objects by using contact methods. At the same time, evaluation through the use of optical diagnostic methods is non-contact and non-destructive. That is why it is especially important to use non-destructive non-contact methods, in particular those based on radiation scattering

Keywords: transformer oil, transformer, contamination by transformer oil particles, aging of insulation.

Опережающее развитие электроэнергетики является ключевым фактором прогресса в развитии современной промышленности, производства и общества в целом. Для нормального, бесперебойного функционирования энергосистемы требуется силовое оборудование.

Для того чтобы бесперебойно передавать электрическую энергию, необходимы силовые трансформаторы.

Статистические данные свидетельствуют, что старение изоляции существенно влияет на срок службы силового трансформатора. Изношенность электрооборудования крайне высока; следовательно, необходимо осуществлять в ускоренном темпе мероприятия, касающиеся и увеличения парка силовых трансформаторов, и поддержания и продления срока службы и безопасности уже эксплуатируемых трансформаторов.

Чтобы найти эффективные способы повышения работоспособности эксплуатируемых трансформаторов, необходимо проводить исследования различных способов диагностики (оптических в том числе). Бесспорным преимуществом данных диагностических методов исследования являются: простота в обслуживании, значительная скорость обработки существенного объема экспериментальных образцов, а также подача информации в режиме реального времени посредством интегрирования в оборудование [1].

Влияние частиц на значение напряжения пробоя в трансформаторном масле и других изоляционных жидкостях было доказано давно. Более полувека назад было выявлено негативное влияние влажных целлюлозных волокон на масло. Также было признано негативное влияние других составляющих трансформаторного масла (продуктов окисления), что вкуче с частицами приводит к сильному загрязнению масла. Электрофоретическое движение заряженных частиц приводит к развитию цепочек, по которым в конечном итоге возможно прохождение электрического пробоя [2].

Основными методами по определению размеров твердых частиц являются: седиментационный анализ, ситовой анализ.

Седиментационный анализ, в свою очередь – наиболее известный традиционный метод, используемый для установления размера частиц. Излишне крупные частицы способствуют созданию турбулентности, в то же время слишком мелкие частицы агломерируют и восприимчивы к влиянию броуновского движения. Диапазон измерений от 1 мкм до 200 мкм при центробежном осаждении - до 0.1 мкм.

Принцип метода седиментации: из системы полидисперсных частиц, взвешенных в жидкой среде, крупные частицы быстрее оседают под действием силы тяжести (и, возможно, центробежных сил), чем мелкие частицы.

Ситовый метод - это метод определения гранулометрического состава материала. При пропускании материала через несколько сит с

различными размерами ячеек, происходит отделение мелких частиц от остального их числа. Это позволяет измерять массовую долю частиц в каждом диапазоне размеров и строить кумулятивное распределение. Ситовый анализ является старейшим и наиболее широко известным методом, используемым для распределения частиц по размерам, и применяется во многих отраслях промышленности. Существует два типа ситового анализа: мокрое просеивание и сухое просеивание. Для частиц размером от 20 мкм до 3 мм подходит ситовый анализ, относящийся к типу мокрое просеивание, а для частиц размером от 30 мкм до 125 мкм – сухое просеивание [3].

Метод ситового анализа заключается в следующем: материал, подлежащий анализу, вибрирует через серию последовательно уменьшающихся сит с использованием одного или комбинации горизонтального, вертикального или вращательного движения. Частицы, находящиеся в движении, в конечном итоге будут ориентироваться, чтобы пройти сквозь отверстия сита и перейти к следующему сити с меньшими отверстиями. Сразу после процесса просеивания определяют вес сит и сравнивают с изначальным весом сит. Посредством добавления массовой доли к каждому сити, от наименьшего до наибольшего размера, можно получить кумулятивное распределение массы испытуемого образца [4].

Слабым местом силового трансформатора является изоляция. Преобладающим типом изоляции является бумажная пропитанная композиция, конкурентно способных аналогов которой не существует. Именно поэтому её контроль и своевременная замена особенно важны.

Источники

1. Быстрицкий Г.Ф., Кудрин Б.И. Выбор и эксплуатация силовых трансформаторов: учеб.пособие. М.: Издательский центр Академия, 2003.76с.
2. Журавлева Н.М. Стабилизация диэлектрических потерь в процессе термостарения бумажно-пропитанной изоляции: дис. ... канд. техн. наук.СПб, 1989. 187 с.
3. International Conference APTADM, September 26 - 28, 2007, Wroclaw, Poland– P. 1– 5
4. Adamczyk Z.Particlesat Interfaces – Interactions, Deposition, Structure. Elsevier, Amsterdam 2006.

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Юдин Андрей Дмитриевич

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Кубарев Артём Юрьевич

ФГБОУВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

Andreww_999@mail.ru

В данной статье рассмотрены основные нормативные подходы к диагностике, которые можно разделить на категории, а также рассмотрены дополнительные методы оценки технического состояния трансформаторов. Проанализированы повреждения в основных системах трансформаторов и их компонентов, а также рассмотрены причины их возникновения. Изучены текущие тенденции в развитии методов диагностики трансформаторов.

Ключевые слова: трансформатор, мониторинг, техническое состояние.

DIAGNOSIS OF THE TECHNICAL CONDITION OF POWER TRANSFORMERS

Yudin Andrey D.

Scientific advisor Kubarev Artem Yu.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

Andreww_999@mail

This article discusses the main regulatory approaches to diagnostics, which can be divided into categories, as well as additional methods for assessing the technical condition of transformers. Damages in the main systems of transformers and their components are analyzed, as well as the causes of their occurrence are considered. The current trends in the development of transformer diagnostic methods have been studied.

Keywords: transformer, monitoring, technical condition.

Продолжительность службы трансформатора зависит от состояния изоляции. Практически во всех странах все более актуальным становится проблема продления срока службы трансформаторного парка [1].

Однако чтобы обеспечить требуемую надежность, как трансформаторов, так и энергосистемы в целом, трансформаторы, отработавшие свой регламентный ресурс, должны пройти тщательный

контроль технического состояния. В связи с этим именно сейчас имеют особое значение все проблемы, связанные с диагностикой силовых трансформаторов [2].

Более половины трансформаторного оборудования отслужили свой эксплуатационный срок, в связи, с чем проблема определения реального состояния оборудования является чрезвычайно актуальной. В соответствии с техническими нормами такое оборудование требует ремонта. Чтобы получить верные результаты диагностики трансформатора, нужно сделать правильную оценку возможности его дальнейшей эксплуатации на основании проведенной диагностики. Нужно понимать, что диагностика силовых трансформаторов позволит избежать неоправданных финансовых затрат [3].

Разберем главные причины, которые приводят к отказу трансформатора.

Повреждения в главной или продольной изоляции трансформатора образуются вследствие следующих причин:

- нарушается процесс изготовления изоляции;
- загрязняется поверхность твердой изоляции;
- происходит старение твердой изоляции;
- загрязняется масло;
- происходит старение масла;
- образуются пузырьки газа;
- другие причины.

Анализ показывает, что большинство повреждений типичны для всего парка трансформаторов. Однако следует подчеркнуть, что неправильная эксплуатация ведет к более частым неисправностям, к появлению более опасных повреждений.

Можно условно разделить диагностические процедуры в зависимости от режима работы трансформатора в момент диагностики.

Во время диагностики выключенного трансформатора персонал проводит проверку ряда параметров, включая тангенс угла диэлектрических потерь, сопротивление изоляции обмоток и вводов, сопротивление обмоток постоянному току, потери холостого хода и сопротивление короткого замыкания[4].

При диагностике на работающем трансформаторе делается акустический анализ бака трансформатора (обнаружение регулярных и нерегулярных электрических разряды), определяются места появления акустических сигналов и их частоты, фиксируются искровые и дуговые разряды, измеряются вибрации элементов трансформатора (проверка

качества прессовок обмоток и магнитопровода), определяется температура бака, радиаторов и других частей трансформатора.

Третья группа диагностики включает в себя анализ масла из бака, устройств РПН и маслонаполненных вводов, а также хроматографический анализ газов.

В четвертой группе диагностики проверяется изоляция вводов.

Пятая группа – анализ данных по всем измерениям (определение степени полимеризации бумажной изоляции), измеряется влагосодержание и прочность изоляции и др.

Таким образом, в данной работе были рассмотрены основные причины возникновения дефектов, возникающие в силовом трансформаторе, и проведен анализ основных методов их диагностирования. Было определено, что на сегодняшний день нет универсального метода или алгоритма диагностики силовых трансформаторов. Чтобы произвести диагностику оборудования, нужно применять существующие методы в комплексе.

Источники

1. Криксин П.В. Анализ повреждаемости силовых трансформаторов напряжением 110 кВ и выше // Наука - образованию, производству, экономике : сб. IX Междунар. науч.-техн. конф. Минск, 2011. Т. 1. С. 31.

2. Алексеев Б.А. Контроль состояния (диагностика) крупных силовых трансформаторов. – М.: Изд-во НЦЭНАС, 2002. – 216 с.

3. Федорова Т.А., Рыбаков Л.М. Некоторые аспекты совершенствования и создания систем диагностики силовых трансформаторов 110 кВ.//Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. 2009. № 8. С.47 – 54.

4. Гун И.Г., Салганик В.М., Евдокимов С.А. Основные неисправности и методы диагностирования силовых трансформаторов в условиях эксплуатации // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова 2012. №1. С. 102–105.

ИЗУЧЕНИЕ ФАКТОРОВ ВЛИЯЮЩИХ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Юдин Андрей Дмитриевич

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Кубарев Артём Юрьевич

ФГБОУВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

Andreww_999@mail.ru

Актуальность работы определяется зависимостью ресурса силовых трансформаторов от состояния их базовой бумажно-пропитанной изоляции. Исследование посвящено изучению факторов, влияющих на работоспособность её компонентов. Представлено предварительное заключение о степени целесообразности применения ряда жидких сред в силовых трансформаторах. Предложено направление развития работ данного профиля.

Ключевые слова: трансформатор, бумажно-пропитанная изоляция, трансформаторное масло, мониторинг, техническое состояние.

THE STUDY OF FACTORS AFFECTING THE PERFORMANCE OF POWER TRANSFORMERS

Yudin Andrey D.

Scientific advisor Kubarev Artem Yu.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

Andreww_999@mail

The relevance of the work is determined by the dependence of the resource of power transformers on the state of their basic paper-impregnated insulation. The study is devoted to the study of factors affecting the performance of its components. A preliminary conclusion is presented on the degree of expediency of using a number of liquid media in power transformers. The direction of development of works of this profile is proposed.

Keywords: transformer, paper-impregnated insulation, transformer oil, monitoring, technical condition.

Зависимостью ресурса силовых трансформаторов от состояния их базовой бумажно-пропитанной изоляции объясняется значимость и актуальность работы.

Надежность любой энергосистемы зависит от многих факторов природного и технического характера. К числу последних относится работоспособность её элементов, среди которых одним из важнейших можно назвать силовой трансформатор.

Согласно исследованиям, причин для сбоев в работе трансформатора может быть много, но к полному выходу из строя (а часто – и к техногенным катастрофам) приводят механические и диэлектрические отказы[1]. Под последними понимают старение и нарушения бумажно-пропитанная изоляции – до настоящего времени основной для силовых трансформаторов[2].

Ресурс указанной изоляции существенно зависит от степени разрушения целлюлозного компонента – электроизоляционной бумаги. Но при отсутствии перемещения обмоток и трения изоляции её предельное состояние выявить трудно (для своевременного отключения трансформатора), т.к. для этого необходимо измерение средней степени полимеризации макромолекул целлюлозы. На практике подобное вмешательство не возможно. Поэтому основные методы контроля базируются на оценке ряда характеристик (диэлектрических и химических) трансформаторного масла, которое наиболее подвержено деструктивным изменениям в процессе эксплуатации [3]. Однако и они не дают полной и достоверной информации о работоспособности бумажно-пропитанной изоляции. Причем особого внимания требуют вопросы образования и осаждения шлама, оказывающего негативное влияние на характеристики изоляции и теплоотвод [4]. Методы контроля, несомненно, нуждаются в корректировке, дополнении и развитии, а также - в анализе и обобщении практического опыта по диагностике отказов с целью разработки принципов прогноза работоспособности каждого конкретного трансформатора. Пока – это задача будущего. Поэтому на сегодняшний день для снижения количества аварий и повышения надежности силовых трансформаторов необходимы: совершенствование свойств, а также - разработка, всестороннее изучение (включая экологическую составляющую) и внедрение жидких диэлектриков, отличающихся повышенной устойчивостью к эксплуатационным факторам и совместимостью с электроизоляционной бумагой и конструктивными элементами силовых трансформаторов.

На сегодняшний день все используемые методики не дают достоверной картины степени разрушения бумажно-пропитанной изоляции и снижения работоспособности силовых трансформаторов, контролируемые параметры порой противоречивы. Неблагоприятным

фактором при существующей диагностике состояния изоляции является недостаточное внимание, которое до недавнего времени уделялось шламообразованию, хотя осаждение шлама на конструктивных элементах и изоляции трансформатора может служить отдельной причиной его выхода из строя [4].

Кроме того, как следует из приведенных литературных сведений, хотя проблема выбора критериального параметра и его предельного значения, указывающего на необходимость своевременной замены диэлектрической жидкости, давно является темой для обсуждения у многих специалистов, прийти к единому мнению по указанному вопросу до сих пор не удалось. Все используемые методы по тем или иным причинам не дают полной картины, на основе которой можно точно оценить работоспособность трансформаторного масла и, тем более, бумажно-пропитанной изоляции и трансформаторов в целом, а также - рассчитать остаточный ресурс трансформатора. Поэтому особое значение приобретают меры, направленные на совершенствование свойств бумажно-пропитанной изоляции и жидких диэлектриков, в частности.

Таким образом, сформулированные проблемы, на мой взгляд, подтверждают актуальность и практическую полезность исследования, расширяющей представления о современных жидких диэлектриках (в том числе – с повышенной температурой воспламенения).

Источники

1. Тенденции в анализе отказов силовых трансформаторов (2014 год) [Электронный ресурс]-<http://silovoytransformator.ru/stati/tendencii-v-analizeotkazov-transformatorov.htm>

2.4. Васин, В.П. Ресурс изоляции силовых маслонаполненных трансформаторов / В.П. Васин, А.П. Долин // Электро. - 2008. - № 3. - С. 12 –17.

3. А.Ю. Савина. «Усовершенствование системы оптического мониторинга электроизоляционных масел». Дисс. канд. техн. наук. – СПб.- 2013.- 183 с.

4.Быстрицкий, Г.Ф. Выбор и эксплуатация силовых трансформаторов / Г.Ф. Быстрицкий, Б.И. Кудрин - М.: АСADEMIA, 2003. - 173 с.

СЕКЦИЯ 12. БИОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ

УДК 615.849.19

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФРАКРАСНОЙ ТЕХНИКИ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ БЕЛЫХ ПЯТЕН НА ЗУБАХ

Фам Тхи Хай Мьен¹, Ле Фу Зьонг²

¹Хошиминский технологический университет, Вьетнам

²Университет Жана Монне, Франция

¹phamhaimien83@gmail.com, ²lephuduong96@gmail.com

Настоящее исследование знакомит с применением инфракрасной техники для диагностики поражений белыми пятнами на зубах на ранних стадиях с использованием светодиодов с длиной волны 850 нм. Одновременно было исследовано 67 образцов зубов инфракрасной техникой и традиционными методами (клиническое обследование и рентгенография). Результаты показывают, что инфракрасная техника более эффективна, чем традиционные методы диагностики белых пятен.

Ключевые слова: белые пятна, инфракрасная техника, ранние стадии.

APPLICATION OF INFRARED TECHNIQUE IN IDENTIFYING WHITE SPOT LESIONS

Pham Thi Hai Mien¹, Le Phu Duong²

¹Ho Chi Minh city University of Technology, VNU-HCM, Viet Nam

²Jean Monnet University, France

¹phamhaimien83@gmail.com, ²lephuduong96@gmail.com

The present study introduces an application of the infrared technique to diagnosis of white spot lesions at early stages using 850-nm LEDs. A number of 67 tooth samples were assayed with the infrared technique and traditional methods (clinical examination and radiography) at the same time. The result suggests that the infrared technique is more effective than the conventional methods in diagnosing white spot lesions.

Keywords: white spot lesions, infrared technique, early stages.

In dentistry, the most popular conventional diagnostic methods are clinical observation and radiography which are not really effective in diagnosing damages at early stages like white spot lesions. Instead, the infrared technique is superior in detecting early lesions without affecting the patient's health. For the

last years, many researches have demonstrated that near-infrared (NIR) wavelengths from 780 to 1550 nm are effective in detecting early demineralization occurring beneath enamel layers [1-4]. The operating principle of the infrared technique is based on the difference in optical properties between healthy and damaged tooth tissues. As a result, healthy enamel becomes nearly transparent under NIR light. Meanwhile, damaged tissues or demineralized tissues appear dark in infrared images due to the fact that the low mineral density of teeth creates porous structures in the tissue, where illuminated NIR light is scattered and absorbed so many times and substantially attenuated, leading to the *formation* of dark areas in infrared images. The aim of the present study was to apply 850-nm LEDs to *in vitro* diagnosis of white spot lesions.

Figure 1 shows a tooth sample with a milky white area (the red circled area) on the occlusal surface. According to the clinical inspection by two dental experts (Figure 1A), this sample was a sound tooth, in which the red circled area was diagnosed as either enamel hypoplasia (Expert 1) or a white spot lesion (Expert 2). Enamel hypoplasia is a defect on the tooth surface that is caused by defective enamel matrix formation during enamel development [5]. It is hard to distinguish between white spot lesions and enamel hypoplasia with clinical examination because their behaviors are similar. However, the infrared technique can do this due to the fact that under NIR light, enamel hypoplasia looks like sound tissues because it is not related to demineralization, whereas white spot lesions caused by demineralization are darker than the surrounding sound tissues. To check this out, this sample was illuminated with 850-nm light, and the NIR image (Figure 1B) shows that the red circled area appeared darker than the surrounding tissues, indicating that demineralization had occurred here and the damage was a white spot lesion. Note that the infrared technique is capable of not only detecting the presence of damaged tissues, but also identifying the extent of demineralization of the lesions based on their darkness levels. Indeed, under visible light (Figure 1A) the damaged area was quite large, occupying almost a third of the chewing surface but it became smaller and clearer in NIR image (Figure 1B). As a result, the infrared technique can be used to localize the exact location of demineralization. This result suggests that while clinical examination finds it hard to distinguish between white spot lesions and enamel hypoplasia as well as to identify the extent of demineralization of white spot lesions, the infrared technique can do that.

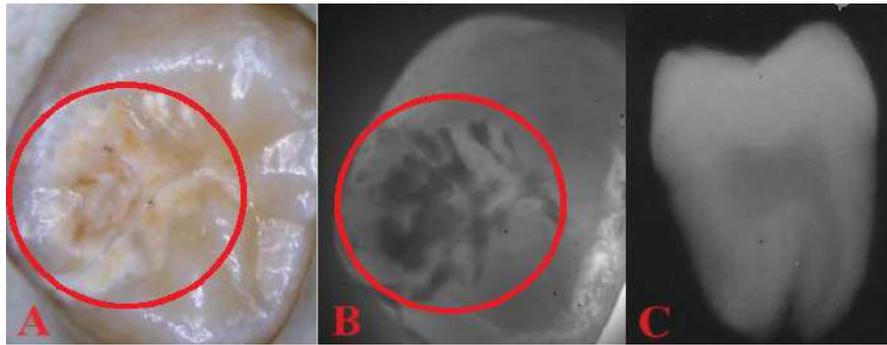


Fig. 1. Visible image (A), NIR image (B), X-ray film (C)

Another conventional diagnostic method in dentistry is X-rays or *radiography*, but this technique has a quite low sensitivity in detecting early dental lesions such as white spot lesions. Indeed, based on the X-ray film (Figure 1C), the two dental experts concluded that there was no sign of injury. Moreover, a highlight of the infrared technique over X-rays is that the optical technique can observe lesions on the occlusal surface with occlusal transillumination, whereas *radiography* cannot.

The study was carried out on 67 tooth samples and the result suggests that the infrared technique is more effective than clinical examination and radiography in diagnosing white spot lesions. In the future researches, cutting tooth samples into slices and histological examination under microscope are required to reach the more accurate conclusion about tissue damage as well as to figure the sensitivity and specificity of the infrared technique.

References

1. D. Fried, et al. Early caries imaging and monitoring with near- infrared light // *Dent Clin North Am.* 2005. Vol. 49. P. 771-793.
2. M. Abdelaziza, I. Krejcia, T. Pernegerb, A. Feilzerc, L. Vazquezd. Near infrared transillumination compared with radiography to detect and monitor proximal caries: A clinical retrospective study // *Journal of Dentistry.* 2018. Vol. 70. P. 40-45.
3. J. Kühnisch, F. Söchtig, V. Pitchika, R. Laubender, K. W. Neuhaus, A. Lussi, R. Hickel. In vitro validation of near-infrared transillumination at 780 nm for the detection of caries on proximal surfaces // *Clinical Oral Investigations.* 2015. DOI 10.1007/s00784-015-1559-4.

4. R.S. Jones and D. Fried. Attenuation of 1310-nm and 1550-nm laser light through sound dental enamel // *Lasers in Dentistry VIII*. 2002. Vol. 4610. P. 187-190.

5. Rickne C. Scheid, Gabriela Weiss. *Woelfel's Dental Anatomy* // Publisher, Wolters Kluwer. 2017. 9th Edition.

УДК 537.8: 614.87

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ В ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА

Абдуллина Аида Радиковна¹, Шайдуллин Рим Маратович²,

Антипанова Ирина Сергеевна³

Науч. рук. д.т.н., профессор Хизбуллин Роберт Накибович

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан^{1,3}

ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань, Республика Татарстан²

77aida77@gmail.com¹, rim.shaidu@yandex.ru²

В данной статье определяется, что является электромагнитным полем (ЭМП). Рассмотрены его разновидности по источникам происхождения. Приведены результаты измерений электромагнитного излучения некоторых наиболее популярных электроприборов. Уделяется внимание вредному воздействию электромагнитного поля на самочувствие человека. Анализируются какие последствия оказывает взаимодействие организма с электромагнитным излучением.

Ключевые слова: электричество, электромагнитное поле, электромагнитное излучение, естественные источники, человек, электроприборы

ELECTROMAGNETIC FIELDS IN HUMAN LIFE

Abdullina Aida R.¹, Shaidullin Rim M.², Antipanov Irina S.³

Scientific advisor Khizbullin Robert N.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan^{1,3}

KNRTU–KAI, Kazan, Republic of Tatarstan²

77aida77@gmail.com¹, rim.shaidu@yandex.ru²

This article defines what is an electromagnetic field (EMF). Its varieties are considered according to the sources of origin. The results of measurements of electromagnetic radiation of some of the most popular electrical appliances are presented. Attention is paid to the harmful effects of the electromagnetic field on human well-being. The article analyzes the consequences of the interaction of the body with electromagnetic radiation.

Keywords: electricity, electromagnetic field, electromagnetic radiation, natural sources, man, electrical appliances

Электромагнитным полем называют особую, совершенно невидимую глазом, но существующую материю, которая возникает, когда электрические заряды взаимодействуют с движущимися частицами. При слиянии электрического и магнитного полей образуется электромагнитное поле. Таким образом, электрическое поле нельзя представить без магнитного поля и наоборот, ведь они исходят друг из друга. По этой причине о них и говорят вместе как об одном целом - электромагнитном поле (ЭМП) [1].

Современный человек, постоянно, подвергается воздействию ЭМП, ведь сегодня просто невозможно представить нашу жизнь без таких повседневных благ, как холодильник, компьютер, телефон, микроволновая печь, утюг и т.д. – все это является источниками электромагнитных полей. В зависимости от особенностей происхождения источников образования электромагнитных полей их подразделяют на два вида: естественные ЭМП и антропогенные ЭМП.

Источниками естественного ЭМП служат природные объекты, создающие излучение. Например, к природным ЭМП относят постоянное электрическое и магнитное поле нашей планеты Земля, а также радиоволны, которые воздействуют на нас от других космических тел, таких как солнце, звезды и др., атмосферные процессы – грозы, молнии и т.п. Следует заметить, что все физические тела при температуре выше абсолютного нуля имеют также электромагнитное поле, к таким относятся и человек. Нельзя сказать, что естественные ЭМП, безопасны для человека, хотя оно воспринимается как обыденное. Естественные поля могут быть патогенными, то есть вредными для человека, а при определённых условиях и опасными!

Антропогенные (искусственные) ЭМП, образуются от предметов, созданных человеком для комфортных условий жизнедеятельности. Примерами таких источников являются линии электропередач (ЛЭП), автотранспорт, различные электроприборы, такие как телевизор, компьютер, мобильный телефон и многое другое. Проводимые измерения показывают, что в современных городах на 18-32% его территории электромагнитное поле создается только от автомобильного движения.

Антропогенные источники ЭМП в свою очередь подразделяют на:

– низкочастотные (0–3 кГц), к таким источникам относятся системы распределения по типу линий электропередач, трансформаторов, кабелей;

вся электро- и электронная техника, в том числе и мониторы ПК, весь электротранспорт - троллейбусы трамваи, ж/д транспорт и его инфраструктура, и конечно же метро;

– высокочастотные (3 кГц — 300 ГГц) - примером этих источников являются различные коммерческие передатчики в виде телефона, радио, телевизора, а также воздушный и водные виды транспорта, технологическое оборудование, использующее СВЧ-излучение, переменные (50 Гц — 1 МГц) и импульсные поля, бытовое оборудование (СВЧ-печи).

Исследованиями доказано, что именно антропогенные ЭМП оказывают наиболее вредное воздействие на организм и здоровье человека и окружающую среду. Например, поездка на троллейбусе скажется отрицательно на самочувствия, а излюбленное многими метро окажет в 2 раза больше негативного воздействия в сравнении с другим электротранспортом. Не правильно организованная длительная работы за компьютером может привести к различным отклонениям в здоровье человека. Таких примеров можно привести множество, и чем мощнее приборы, тем сильнее создаётся им магнитное поле и соответственно увеличивается и негативное воздействие.

Сила воздействия ЭМП на организм прямо пропорциональна частоте колебаний поля, напряжённости, интенсивности и длительности влияния. При действии ЭМП на человека, часть излучения отражается, а часть поглощается телом, поэтому степень воздействия излучения на человека определяется поглощённой энергией в организме. [2]

Таким образом, долгое и мощное воздействие электромагнитного излучения может послужить причиной следующих негативных последствий:

– нарушений в сердечно-сосудистой системе – выражается повышенным давлением, уменьшением количества эритроцитов в крови, болью со стороны сердца;

– нарушений в нервной системе - возникает раздражительность, утомляемость организма, стресс и т.п.;

– нарушений в половой системе – возможна большая уязвимость зародыша во время беременности, что может привести к преждевременным родам или врождённому уродству и др.;

– нарушение в репродуктивной и эндокринной системе - нарушение иммуногенеза, активизация свертываемости крови, снижение активности гипофиза. [3]

В ГОСТ Р 55815-2013 приведены санитарно-эпидемиологические правила и нормативы, в которых рассмотрено влияние электромагнитного поля в производственных условиях, определены уровни ЭМП и выявлены гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов. Ниже для сравнения приведены примеры измерений электромагнитных полей от популярных бытовых приборов (табл.).

Результаты измерений ЭМП от бытовых приборов

Название электроприбора	Уровень излучения		Расстояние от электроприбора, при котором ЭМИ в норме (м)
	Электрическое (норма 25 В/м)	Магнитное (норма 250 нТл)	
Микроволновая печь	2992	13240	2,5
Кухонная плита (индукционная)	1540	10955	1
Персональный компьютер	196	790	0,7
Чайник	218	3643	0,5
Телевизор	37	967	1,5

Таким образом, необходимо всем осознавать, что электромагнитные поля окружают нас повсюду, так как без электроники представить жизнь современного человека сегодня невозможно. И где бы вы не находились, должны осознавать наличие такой опасности и обдуманно относиться к тому, какими электроприборами вы окружены и по возможности применять защитные мероприятия, или снизить время контакта с любыми электронными приборами или полностью исключить таковой.

Источники

1. Википедия. Электромагнитное поле. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (дата обращения 05.03.2024)
2. Влияние электромагнитных полей на здоровье человека и способы защиты от их вредного воздействия. [Электронный ресурс]. Режим доступа:

http://13.rospotrebnadzor.ru/center/services/zdorov_obraz/135871 (дата обращения 05.03.2024)

3. Влияние электромагнитных полей на здоровье человека и способы защиты от их вредного воздействия. [Электронный ресурс]. Режим доступа:

http://13.rospotrebnadzor.ru/center/services/zdorov_obraz/135871 (дата обращения 05.03.2024)

УДК 614.872

ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ ШУМА НА СТАНЦИЯХ МЕТРОПОЛИТЕНА И СПОСОБЫ ЕГО УМЕНЬШЕНИЯ

Акмалов Фанис Илдарович

Науч. рук. д-р техн. наук, доц. Хизбуллин Роберт Накибович

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

akmalfan25@gmail.com

В статье рассматривается проблема шума на станциях метрополитена и его влияние на здоровье пассажиров. Анализ данных исследований за последние три года показал превышение установленных норм шума на станциях метро, особенно в периоды пиковой нагрузки. Для борьбы с этой проблемой предлагаются различные методы защиты, включая использование шумопоглощающих материалов, индивидуальные средства защиты и инженерные решения. Эти меры могут способствовать снижению уровня шума и созданию более комфортных условий для пассажиров и работников метрополитена.

Ключевые слова: станции метрополитена, уровень шума, платформа.

INVESTIGATION OF THE NOISE LEVEL AT METRO STATIONS AND WAYS TO REDUCE IT

Akmalov Fanis I.

Scientific advisor Khizbullin Robert N.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

akmalfan25@gmail.com

The article deals with the problem of noise at metro stations and its impact on the health of passengers. An analysis of research data over the past three years has shown that the established noise standards at metro stations are exceeded, especially during peak periods.

Various protection methods are offered to combat this problem, including the use of noise-absorbing materials, personal protective equipment and engineering solutions. These measures can help reduce noise levels and create more comfortable conditions for passengers and subway workers.

Keywords: metro stations, noise level, platform.

Метрополитены представляют собой неотъемлемое средство транспорта в крупных городах по всему миру. Вместе с обеспечением удобства и эффективности, они также вносят свой вклад в проблемы, связанные с окружающей средой и здоровьем, причем шум в метро является одной из таких проблем [1].

Анализ данных исследований о шуме на станциях метрополитена за последние три года, представленных в таблице, показал, что в среднем 86% всех измерений и в 98% случаев в период пиковой нагрузки отмечается превышение установленных норм. В то же время подобные исследования, проведенные только на платформах станций, показали, что средние значения превышения установленных норм составляют 97%, а в период наибольшей нагрузки – 100%. [2].

Превышение допустимого уровня шума на станциях

Вид станции	Место измерения	Уровень шума,			
		L _{ЭКВ}	превышение	L _{МАКС}	превышение
1.Подземные	Платформы	72–85	12–25	89–98	14–23
	Платформы в час "пик"	81–90	21–30	92–104	17–29
	Эскалаторы	57–70	0–10	67–77	0–2
	Эскалаторы в час "пик"	64–77	4–17	72–86	0–11
	Переходы	56–69	0–9	67–78	0–3
	Переходы в час «пик»	63–74	3–14	72–85	0–10
2.Открытые	Платформы	58–71	0–11	69–85	0–10
	Платформы в час "пик"	65–77	5–17	73–90	0–15
3.Монорельс	Платформы	56–70	0–10	63–73	0
	Платформы в час "пик"	70–76	10–16	69–80	0–5

Во время пребывания пассажиров на платформах станций метрополитена наблюдается значительная экспозиция шуму. На подземных станциях метро в периоды наибольшей активности звуковой уровень может достигать до 90 дБА, а в обычные часы – до 85 дБА; на открытых станциях соответственно до 77 и 71 дБА.

Максимальные показатели шума на платформах подземных станций метро в периоды наивысшей загрузки составляют до 104 дБА, а в обычные часы – до 98 дБА, а на открытых станциях – до 90 и 85 дБА.

Важно отметить, что при отсутствии поездов на платформе или в ее близи эквивалентный уровень шума варьируется от 40 до 55 дБА, а в периоды пиковой нагрузки может достигать 75 дБА. Это свидетельствует о значимой роли подвижных составов в формировании шума на станциях, вклад которых составляет до 50% от общего уровня шума (от 81 до 90 дБА). Следовательно, повышение уровня шума в периоды наибольшей активности обусловлено интенсивностью движения поездов и пассажирского потока [3].

Рекомендации по снижению уровня шума на станциях метрополитена включают в себя следующие меры:

1. Применение материалов, способных поглощать звук. Это могут быть специальные покрытия стен и потолков, акустические панели или материалы, встроенные непосредственно в конструкцию станции.

2. Использование индивидуальных средств защиты от шума. В эту категорию входят специальные наушники или беруши, которые способны снизить воздействие окружающего шума на слуховые органы человека. Особенно эффективны эти средства в периоды пиковой активности, когда уровень шума на станциях метро достигает наивысших значений.

3. Применение инженерных решений. Это включает использование более тихих колес для поездов, установку звукопоглощающих облицовок в туннелях и на станциях, а также оптимизацию работы систем вентиляции и кондиционирования воздуха для уменьшения шума [4-5].

Источники

1. Курбатов, В.А. Безопасность жизнедеятельности. Микроклимат: Учебное пособие для бакалавров / В.А. Курбатов, Ю.С. Рысин, С.Л. Яблочников. – Саратов: Вузовское образование, 2021. – 93 с.

2. ГОСТ Р 50850–96. Государственный стандарт Российской Федерации. Вагоны метрополитена. Общие технические условия. – М., 1996

3. П. И. Мельниченко, В. А. Свижевский, А. А. Матвеев – Особенности гигиенического нормирования шума в метрополитене // Гигиена и санитария 1/2012

4. Иванов Н.И. – Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом: учебник, 4-е изд. перераб. и доп. – М.: ЛОГОС, 2015. – 432 с.

5. Панькова, А.В. Исследование методов измерения шумовых характеристик источников шума и уровня шума в местах нахождения людей / А.В. Панькова. – Текст: непосредственный // Потенциал современной науки. – 2015. – № 2(10). – С. 65-67.

УДК 677.074

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО ТЕКСТИЛЯ С ЗАЩИТНЫМИ СВОЙСТВАМИ ОТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Габдрахманова Назлыгуль Назимовна ¹, Ахметов Рамиль Рустамович ²

Науч. рук. доц. к.т.н. Бутаков Валерий Михайлович

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹nazgab25inbox.ru, ²akhmetow0w@gmail.com

В статье рассмотрена статистика производства технического текстиля, приведены меры защиты от электромагнитного излучения, представлена характеристика металлизированной ткани, используемой для защиты работников на объектах энергетики от электромагнитных излучений.

Ключевые слова: металлизированная ткань, электромагнитные поля, электромагнитное излучение.

ANALYSIS OF TECHNICAL TEXTILES WITH PROTECTIVE PROPERTIES AGAINST ELECTROMAGNETIC RADIATION

Gabdrakhmanova Nazlygul N. ¹, Akhmetov Ramil R. ²

Scientific advisor Butakov Valery M.

^{1,2} KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹nazgab25inbox.ru, ²akhmetow0w@gmail.com

The article examines statistics on the production of technical textiles, provides protection measures against electromagnetic radiation, and presents characteristics of metallized fabric used to protect workers at energy facilities from electromagnetic radiation.

Keywords: metallized fabric, electromagnetic fields, electromagnetic radiation.

Воздействие электромагнитного излучения (ЭМИ) на человека может зависеть от нескольких факторов [1], включая интенсивность излучения, продолжительность экспозиции, частоту излучения, а также индивидуальные характеристики организма.

Для защиты работников от электромагнитных излучений в России необходимы новые подходы развития текстильной промышленности. В Германии доля технического текстиля составляет более 50% от общего оборота, в США – 40%, в Китае – 30% [2], и этот сегмент продолжает демонстрировать рост благодаря новым областям применения, предложенным техническим прогрессом. В России также наблюдается успешное развитие технического текстиля, что связано с санкционной политикой со стороны Запада.

Сегодня одним из важных направлений является разработка тканей, способных защищать от электромагнитного излучения. В РФ единичные компании занимаются исследованием и разработкой таких материалов [3].

Если уровень электромагнитного излучения (ЭМИ) на рабочем месте превышает установленный предельно-допустимый уровень (ПДУ), то государство требует от работодателя, чтобы он самостоятельно и за свои средства принял меры по уменьшению ЭМИ до уровня, который считается допустимым. В таблице 1 указаны способы защиты от воздействия ЭМИ и ЭМП.

Таблица 1

Меры защиты от ЭМИ и ЭМП

№ п/п	Меры защиты	Параметры
1	Организационные	Медосмотры, режим труда и отдыха, дополнительный отпуск
2	Технические	Рациональное размещение оборудования, экранирование, нейтрализация зарядов статического электричества, ограждение и обозначение зон с повышенным уровнем ЭМИ
3	Контрольные	ИЭМП (измеритель электромагнитных полей)
4	Индивидуальные	Экранирующий комплект из металлизированной ткани (одежда, обувь, перчатки, капюшон с маской) с заземлением; антистатическая обувь, перчатки

На одном из отечественных предприятий [3] была спроектирована и разработана металлизированная ткань «ScreenTex 240». Характерные черты рассматриваемого материала представлены в таблице 2.

Таблица 2

Характеристика металлизированной ткани

№ п/п	Величина	Ед. изм.	Значение	
			по основе	по утку
1	Размер материала (по ширине)	см	150-160	
2	Плотность поверхности материала	г/м ²	240	
3	Плотность ткани	нит/дм	178	194
4	Линейная плотность основы материала	текс	20x3	20x3
5	Усадка	%	5	6
6	Сила, необходимая для разрыва материала	Н	1200	1200
7	Устойчивость материала к процессу стирания	цикл	6800 <	

Производимая ткань представляет собой смесь полиэфирных нитей с добавлением антистатических нитей, что делает её подходящей для изготовления разнообразной одежды с различными отделками.

Как показывают исследования [4], металлизированная ткань, применяемая для создания специализированной технической одежды для персонала, не включает в себя токсичные материалы и соответствует стандартам, установленным для защиты от воздействия электрического поля.

Дальнейшее исследование в этой области может способствовать разработке новых технологий и материалов для обеспечения безопасности работников на объектах энергетики.

Источники

1. М.В. Рылкова, Е.С. Бокова, А.В. Дедов, Исследование изменения коэффициента отражения электромагнитных волн при получении радиопоглощающих нетканых материалов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013. – №5 – С.17-19.

2. Стратегия развития легкой промышленности на период до 2025 года, утвержденная Приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 24 сентября 2009 г. № 853.

3. Общество с ограниченной ответственностью «Чайковская текстильная компания», официальный сайт компании: [Электронный ресурс]. URL: <https://textile.ru/> (дата обращения: 15.02.2024).

4. А.А. Никифорова, А.Ф. Давыдов, А.В. Курденкова, Оценка коэффициента пропускания электромагнитного излучения (коэффициента экранирования) тканей специального назначения // Дизайн и технологии. – 2013. – № 37 (79). – С. 83-87.

УДК 621-313.3

ДИЗАЙН СМАРТ РУЛЯ С МЕДИКО-ТЕХНИЧЕСКИМИ РЕШЕНИЯМИ В АВТОМОБИЛЯХ В СРЕДНЕСРОЧНОЙ ПЕРСПЕКТИВЕ

Ильин Кирилл Алексеевич¹, Хизбуллин Роберт Накибович²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹Kirill04.il2@yandex.ru, ²Robert.Khizbullin@mail.ru

Многие зарубежные и отечественные компании активно проводят научные изыскания в области разработки новых типов «умного руля» или «смарт руля» для автомобилей и электромобилей. Все они нацелены на улучшение безопасности человека во время управления транспортным средством. Внедрение различных датчиков и систем позволит отслеживать физиологическое состояние водителя, и в случаях необходимости остановить транспортное средство. Обеспечение гарантированной безопасности водителя, пассажиров и других участников дорожного движения является актуальной задачей до сих пор. Руль - единственное место в машине, в котором постоянно присутствует физический контакт с водителем, поэтому целесообразность внедрения различных медицинских датчиков именно на руле имеет очевидную практическую основу.

Ключевые слова: Смарт руль, медицинские датчики, безопасность, транспортное средство, изменения, отслеживание.

SMART STEERING WHEEL DESIGN WITH MEDICO-TECHNICAL SOLUTIONS IN CARS IN THE MEDIUM TERM

Ilyin Kirill A. ¹, Khizbullin Robert N. ²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹kirill04.il2@yandex.ru, ²Robert.Khizbullin@mail.ru

Many foreign and domestic companies are actively conducting scientific research in the field of developing new types of "smart steering wheel" or "smart steering wheel" for cars and electric vehicles. All of them are aimed at improving human safety while driving a vehicle. The introduction of various sensors and systems will make it possible to monitor the physiological state of the driver, and in cases of need to stop the vehicle. Ensuring the guaranteed safety of the driver, passengers and other road users is still an urgent task. The steering wheel is the only place in the car where there is constant physical contact with the driver, so the expediency of implementing various medical sensors on the steering wheel has an obvious practical basis.

Keywords: Smart steering wheel, medical sensors, safety, vehicle, change, tracking.

Разработки новых форматов руля происходят по всему миру. Компании активно проводят научные изыскания в области безопасности при управлении различными транспортными средствами. Нередки случаи аварий на дорогах, происходящих из-за невнимательности водителей в связи с резким ухудшением здоровья или их усталости. Статистика ДДП показывает о числе возрастающих аварий по вине водителей, включая аварии по причине ухудшения физиологического состояния водителя.

Проведенный анализ решений проблемы, показывает интерес исследователей по тематике создания умного, многофункционального руля. Так, немецкая компания *Hoffman and Krippner* совместно с компанией *Guttersberg Consultin*, разработали свою концепцию смарт руля. В представленной ими концепции - система должна будет отслеживать состояние водителя во время езды, а также, в случае необходимости, обеспечить быструю помощь. К случаям, требуемым вмешательства, будут относиться: потеря сознания, сердечный приступ и другие. Пока данная концепция руля находится в активной разработке.

Компания *Jaguar* представила концепт руля с искусственным интеллектом (ИИ). В данном руле будет реализован ИИ, который будет выполнять множество функций, в том числе иметь мощный медико-технический функционал [1]. Также ИИ сможет исполнять роль личного помощника, например: напоминать о встречах или мероприятиях,

запоминать расписание человека, брать на себя управление транспортным средством на тех участках, на которых это возможно с максимальной безопасностью для человека и множество других функций. К тому же, одной из самых ключевых функций будет являться возможность снять руль с привычного места и носить с собой используя его как своеобразного «личного» помощника. Этот концепт планируют установить в *Jaguar Future-type*, который также является концептом автомобиля будущего (см. рисунок).



Концепт Jaguar Future-type с рулем на базе ИИ

Таким образом, проведенный анализ показывает, что разработкой смарт руля, занимаются не только крупные автопроизводители, но и компании специализирующиеся на производстве различных датчиков и систем отслеживания, а также IT компании, которые активно развивают ИИ. И главной общей целью для них является решение проблемы безопасности водителя, здоровья и жизни людей.

Итак, на данный момент времени существуют различные концепты смарт рулей, основной задачей которых является выполнение функций отслеживания и безопасности, а достижение главной цели - искоренение трагедии на дорогах из-за физиологического состояния водителя во время управления транспортным средством, остается еще до конца не решенной проблемой [2].

Источники

1. Хизбуллин, Р. Н. Автономный медицинский регистратор для диагностики физиологического состояния водителей и машинистов во время управления транспортным средством // Современные проблемы безопасности жизнедеятельности: интеллектуальные транспортные

системы и ситуационные центры: материалы V Межд. научно-практической конф. ITSForum-KAZAN 2018. — Казань: Центр инновационных технологий, 2018. Ч. 1. С. 459-465.

2. Хизбуллин, Р. Н. Автоматизированный медицинский аппаратный комплекс для предсменного осмотра персонала энергетических предприятий / Р.Н. Хизбуллин, А.И. Ларюшин // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2014. № 1-2. С.125-133.

УДК 519.8

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ПЕРЕДАЧИ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ ОТ АРТЕРИИ К МАНЖЕТЕ В БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЯХ

Карнаухов Виктор Вячеславович

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Геращенко Сергей Иванович

ФГБОУ ВО «ПГУ», г. Пенза

tempercore@mail.ru

В данной работе исследуется модель передачи артериального давления от артерии к манжете в биологических тканях. Рассматриваются механические свойства различных анатомических структур, составляющих плечо человека. Для моделирования использовалось программное обеспечение *Matlab* с применением модуля *Simulink*. Результаты позволяют оценить изменение давления на поверхности мягких тканей и смещение биологической ткани во время распространения пульсовой волны.

Ключевые слова: моделирование, артериальное давление, биологические ткани, механические свойства, *Matlab*, *Simulink*, пульсовая волна, сосудистая система.

DEVELOPMENT OF A MODEL FOR STUDYING THE PROCESS OF BLOOD PRESSURE TRANSMISSION FROM ARTERY TO CUFF IN BIOLOGICAL TISSUE

Karnaukhov Viktor V.

Scientific advisor Gerashchenko Sergey I.

PSU, Penza

tempercore@mail.ru

This article investigates a model for arterial pressure transmission from the artery to the cuff in biological tissues. The mechanical properties of various anatomical structures comprising the human shoulder are considered. Matlab software with the Simulink module was utilized for modeling. The results allow for the assessment of pressure changes on the surface of soft tissues and the displacement of biological tissue during the propagation of the pulse wave.

Keywords: modeling, arterial pressure, biological tissues, mechanical properties, Matlab, Simulink, pulse wave, vascular system.

Ткани в организме человека представляют совокупность клеток, а также межклеточных компонентов, имеющие одинаковые функции, строение и единое происхождение. С точки зрения технического компонента, ткани организма можно определить, как композиционный материал, который состоит из химически неоднородных составляющих [1].

Таким образом, большинство тканей представляют среду с весьма гибкой внутренней системой, следовательно, при распространении пульсовой волны в полученном сигнале имеются шумовые помехи, искажения, что приводит к снижению точности измерительных приборов [2].

В организме человека присутствуют системы, которые образованы твердыми материалами, в частности кости, а также имеются мягкие системы: сосуды, кожный покров, мышечная и жировая ткань.

Воздействие как естественных, так и искусственных механических факторов приводит к распространению волн, возникновению механического движения, а также к формированию напряжений и деформаций в системах, органах и биологических тканях.

Физико-механические свойства описываются с помощью вязкоупругих звеньев. Упругие и вязкие свойства биологической ткани моделируются сочетанием идеально упругого и вязкого элемента [3-4].

Для моделирования передачи АД в биологических тканях необходимо рассмотреть механические свойства каждой анатомической структуры, входящих в состав плеча.

Для моделирования поведения стенки кровеносного сосуда было использовано программное обеспечение *Matlab*, модуль *Simulink*. Амплитуда источников ЭДС составляет 16 кВ и 11 кВ, а частота 1000Гц и 2000Гц соответственно.

Результат работы представлен на рисунках 1-2.

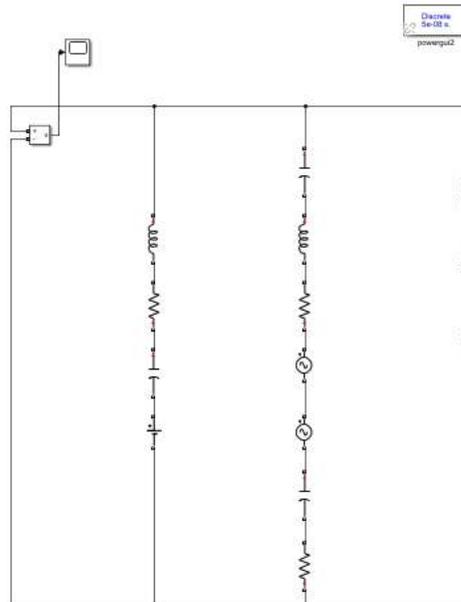


Рис. 1. Электрическая модель передачи артериального давления

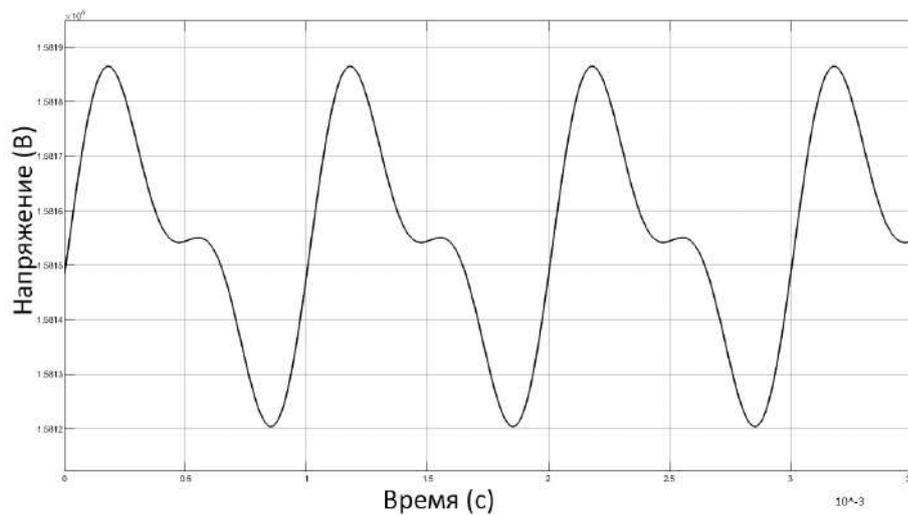


Рис. 2. Визуализация процесса передачи артериального давления

Таким образом получается график зависимости напряжения от времени, который отражает изменение давления на поверхности мягких тканей. Механизм работы электрической схемы заключается в том, что создаваемое напряжение заряжает конденсаторы C_1 и C_t , ёмкости которых описывают упругие жидкости и жировой ткани. Заряд конденсатора q_t моделирует смещение биологической ткани во время распространения пульсовой волны [5].

Источники

1. Писарев М.А, Чувькин Б.В., Геращенко С.И., Геращенко М.С., Волкова Н.А. К вопросу о реализации неинвазивных методов измерения параметров пульсовой волны автономными портативными приборами // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2016. №1 (15).

2. Бадеева Е.А., Геращенко С.И., Мурашкина Т.И., Янкина А.Н., Геращенко М.С. Волоконно-оптический датчик давления для гидроманжетного тонометра. В сборнике: Информационные технологии в медицине, биологии, фармакологии и экологии материалы Международной конференции NT + M&Ec`2019. Весенняя сессия. Москва, Россия, 2019. С. 21-25.

3. Савицкий, Н.Н. Биофизические основы кровообращения и клинические методы изучения гемодинамики. – М.: Медицина, – 1974. – 311 с.

4. Патент Российской Федерации № 2652070. Электронный тонометр / С.И. Геращенко, М.С. Геращенко.– Заявл. 16.05.2017 ; опубл. 24.04.2018, Бюл. № 12.

5. Бегун, П.И., Афонин, П.Н. Моделирование в биомеханике. Учебное пособие. – Москва.: Высш. Шк., 2004. – 193 с.

УДК 519.8

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИГНАЛА ПУЛЬСОВОЙ ВОЛНЫ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В РАЗРАБОТКЕ ТОНОМЕТРА ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТИ

Карнаухов Виктор Вячеславович

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Геращенко Сергей Иванович

ФГБОУ ВО «ПГУ», г. Пенза

tempercore@mail.ru

В данной работе рассматривается моделирование сигнала пульсовой волны плечевой артерии с целью разработки более точного медицинского прибора для измерения артериального давления. Программа моделирования основана на электронной схеме, где резисторы, индукторы и конденсаторы аналогичны физиологическим параметрам сосудов. Использование программы Cadence Pspice позволяет более точно отразить физиологические процессы, происходящие в динамике при изменении сосудистого тонуса.

Ключевые слова: моделирование, пульсовая волна, артериальное давление, медицинский прибор, Cadence Pspice, сосудистый тонус.

SIMULATION OF THE PULSE WAVE SIGNAL FOR APPLICATION IN THE DEVELOPMENT OF A HIGH ACCURACY TONOMETER

Karnaukhov Viktor V.

Scientific advisor Gerashchenko Sergey I.

PSU, Penza

tempercore@mail.ru

This paper explores the modeling of the pulse wave signal of the brachial artery to develop a more accurate medical device for arterial pressure measurement. The modeling program is based on an electronic circuit where resistors, inductors, and capacitors correspond to physiological parameters of blood vessels. Utilizing the Cadence Pspice software enables a more precise reflection of physiological processes occurring dynamically during changes in vascular tone.

Keywords: modeling, pulse wave, arterial pressure, medical device, Cadence Pspice, vascular tone.

Необходимость моделирования процессов, происходящих при формировании пульсовой волны в определенных участках артерий, необходима для того, чтобы создать медицинский прибор, который будет более точным, чем обычные автоматические воздушные тонометры, и будет ориентирован на различные анатомические особенности пациентов. В основе данной работы лежит разработка программы моделирования сигнала пульсовой волны плечевой артерии по типу электронной схемы [1-2].

Cadence Pspice использовался для моделирования сигнала пульсовой волны плечевой артерии.

Эквивалентная схема и результаты моделирования представлены на рисунках 1-2.

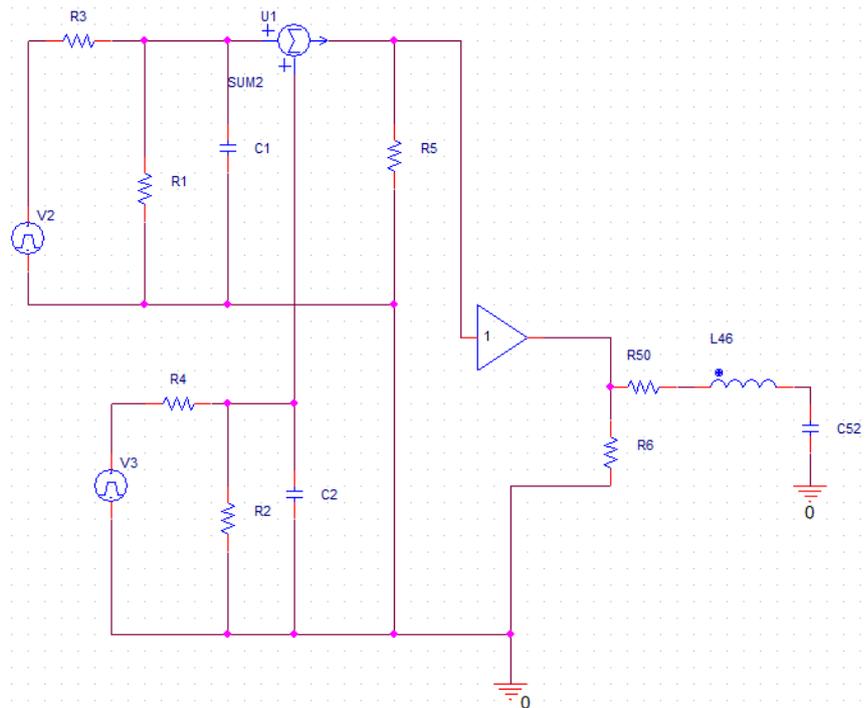


Рис. 1. Эквивалентная схема моделирования сигнала пульсовой волны плечевой артерии

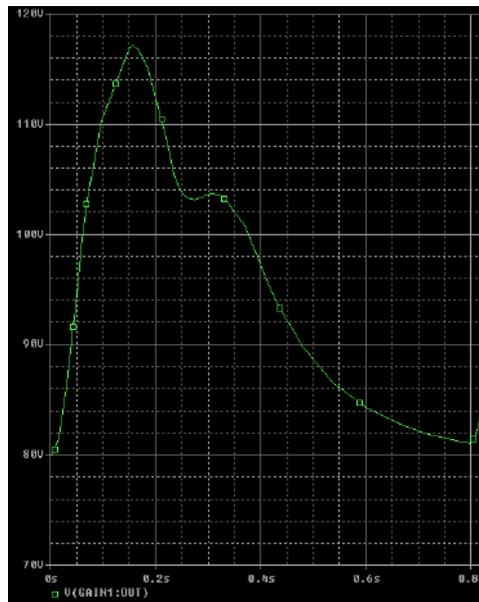


Рис. 2. Результат моделирования сигнала пульсовой волны

Соотношение элементов электрической схемы с физиологическими параметрами представлено следующим образом: резисторы подобны сопротивлению сосуда потоку за счет вязкости и изменения диаметра сосуда; индукторы отображают эффект инерции, возникающий в результате

изменения кровотока; а конденсаторы олицетворяют эластичность сосудов и сохранение массы. При разработке модели предполагается, что кровь аналогична ньютоновской жидкости [3].

Понимание физиологических процессов, происходящих в динамике при изменении сосудистого тонуса, необходимо для разработки качественной модели пульсовой волны с последующим использованием полученной модели для создания новых приборов для измерения артериального давления [4-5].

Источники

1. Васюк Ю.А., Иванова С.В., Школьник Е.Л. и др. Согласованное мнение российских экспертов по оценке артериальной жесткости в клинической практике // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2016. Т.15, №2. С.4-19.

2. Писарев М.А, Чувыкин Б.В., Геращенко С.И., Геращенко М.С., Волкова Н.А. К вопросу о реализации неинвазивных методов измерения параметров пульсовой волны автономными портативными приборами // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2016. №1 (15).

3. Фролов А.В., Сидоренко Г.И., Воробьев А.П., Мельникова О.П., Гуль Л.М. Прямая и отраженная пульсовые волны: методы исследования // Кардиология в Беларуси. 2009. Т. 6, № 5. С. 99-108.

4. Бороноев В.В. Анализ пульсовой волны в автоматизированном режиме // Медицинская техника. 2014. №4. С. 33-36.

5. Бадеева Е.А., Геращенко С.И., Мурашкина Т.И., Янкина А.Н., Геращенко М.С. Волоконно-оптический датчик давления для гидроманжетного тонометра. В сборнике: Информационные технологии в медицине, биологии, фармакологии и экологии материалы Международной конференции NT + M&Ec`2019. Весенняя сессия. Москва, Россия, 2019. С. 21-25.

ВЛИЯНИЕ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ НА ЭЛЕКТРОПРОВОДИМОСТЬ КОЖИ И ЕЕ РЕГИСТРАЦИЯ

Кашапов Рамис Ильнурович¹, Бесчастный Виктор Михайловича²,
Антипанова Ирина Сергеевна³

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

Науч. рук. д.т.н. профессор Хизбуллин Роберт Накибович
¹ramis.baur@mail.ru, ²beschastnyj01@bk.ru, ³antipanova_irina@mail.ru

Данная статья исследует влияние психоэмоциональных факторов на электропроводимость кожи и методы ее регистрации. В работе рассматривается связь между эмоциональными состояниями человека и изменениями в электропроводимости кожи, которая может служить индикатором психофизиологических реакций. Статья также описывает различные техники и приборы, используемые для измерения электропроводимости кожи в психофизиологических исследованиях. Результаты и выводы работы могут быть полезны для понимания взаимосвязи между психическим состоянием человека и физиологическими процессами, происходящими в его организме.

Ключевые слова: электрическое сопротивление кожи, методы, психоэмоциональных факторы, эмоциональная реакция.

TRANSMISSION OF OPTICAL RADIATION FOR MEDICAL PURPOSES USING OPTICAL FIBER

Kashapov Ramis I.¹, Beschastnyi Viktor M.², Antipanova Irina S.³

^{1,2} KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

Scientific advisor Khizbullin Robert N.

¹ramis.baur@mail.ru, ²beschastnyj01@bk.ru, ³antipanova_irina@mail.ru

This article examines the influence of psychoemotional factors on the electrical conductivity of the skin and methods of its registration. The paper examines the relationship between human emotional states and changes in the electrical conductivity of the skin, which can serve as an indicator of psychophysiological reactions. The article also describes various techniques and devices used to measure the electrical conductivity of the skin in psychophysiological research. The results and conclusions of the work can be useful for understanding the relationship between the mental state of a person and the physiological processes occurring in his body.

Keywords: electrical resistance of the skin, methods, psychoemotional factors, emotional reaction.

Электропроводимость кожи является важным показателем, который может быть использован для измерения психофизиологических состояний человека. Исследования показывают, что психоэмоциональные факторы могут значительно влиять на электропроводимость кожи и ее регистрацию. Этот феномен широко используется в психофизиологии и психологии для изучения реакций организма на стресс, эмоции и другие психологические процессы [1].

Электропроводимость кожи определяется способностью кожи проводить электрический ток. Эта способность изменяется под воздействием различных факторов, включая психоэмоциональные состояния человека. Например, стресс, страх, радость или гнев могут вызывать изменения в электропроводимости кожи [1].

Одним из механизмов, объясняющих влияние психоэмоциональных факторов на электропроводимость кожи, является активация симпатической нервной системы. Под воздействием стресса или других эмоций, симпатическая активация приводит к выделению нейромедиаторов, таких как норадреналин, что может вызывать изменения в потоотделении и, следовательно, в электропроводимости кожи [2].

Для регистрации параметров электропроводимости кожи обычно используются специальные приборы, такие как гальванические сенсоры или электроды, которые наносятся на кожу. Эти приборы измеряют электрический сигнал, который передается через кожу [2].

Есть несколько методов измерить электропроводимость кожи, такие как: электродермальная активность (EDA); измерение сопротивления кожи и измерение концентрации электролитов в поте [3].

Измерение электропроводимости кожи широко используется в психофизиологических исследованиях, биофидбеке и практике психотерапии. Путем анализа изменений в электропроводимости кожи специалисты могут оценить уровень стресса, тревоги или других психоэмоциональных состояний у человека [3].

Исследования в области психофизиологии продолжают расширять наше понимание взаимосвязи между психоэмоциональными факторами и электропроводимостью кожи. Понимание этой связи может быть полезным для развития методов диагностики и терапии различных психологических состояний [1-3].

Источники

1. Калашников, В.Н. Электрическое сопротивление кожи как индикатор психофизического состояния человека [Текст] / В.Н. Калашников – Электрон.дан.- 2013.

2. Букзайн В. Использование электрической активности кожи в качестве индикатора эмоций // Иностран. психология. — 1994. стр. 57—66.

3. Ларюшин А.И., Никитина М.В., Хизбуллин Р.Н. Компактные оптико-электронные устройства на основе светодиодов для локальной физиотерапии: монография. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2003. – 159 с.

УДК 65.011.56:621.38

ДАТЧИКИ В БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ADAS

Лобанов Даниил Евгеньевич

Науч. рук. проф. Хизбуллин Роберт Накибович

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

danik.lobanov.2013@mail.ru

ADAS (Advanced Driver Assistance Systems) - это современные системы, которые предназначены для повышения безопасности, комфорта и эффективности вождения автомобиля. В данной статье акцент сделан на роли датчиков в биотехнической системе ADAS, которая включает в себя взаимодействие между человеком и машиной.

Ключевые слова: автомобиль, безопасность, биотехническая система ADAS, физиологическое состояние водителя.

SENSORS IN THE ADAS BIOTECHNICAL SYSTEM

Lobanov Daniil E.

Scientific advisor Khizbullin Robert N.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

danik.lobanov.2013@mail.ru

ADAS (Advanced Driver Assistance Systems) are advanced systems that are designed to improve the safety, comfort and efficiency of driving. This paper focuses on the role of sensors in the ADAS biotechnical system, which includes human-machine interaction.

Keywords: car, safety, biotechnical system ADAS, physiological condition of the driver.

Существует множество типов датчиков, которые применяются в системах ADAS, в зависимости от их функций, принципов работы и способов обработки данных. Некоторые из наиболее распространенных типов датчиков в системах ADAS можно классифицировать по следующим категориям:

- Датчики состояния автомобиля;
- Датчики окружающей среды;
- Датчики состояния водителя;

Один из видов датчиков, которые могут быть использованы для мониторинга состояния водителя, это пульсоксиметр. Пульсоксиметр - это устройство, которое измеряет уровень насыщения кислородом в крови (SpO_2) и частоту сердечных сокращений посредством оптического сенсора. Пульсоксиметр работает на основе принципа фотоплетизмографии, который заключается в том, что интенсивность света, проходящего через кожу и кровеносные сосуды, зависит от количества красных кровяных телец, насыщенных кислородом.

Пульсоксиметр излучает два вида света - красный и инфракрасный - и измеряет их отражение от крови. По разнице между интенсивностями красного и инфракрасного света пульсоксиметр определяет уровень SpO_2 , а по изменению интенсивности света во времени - частоту сердечных сокращений. Пульсоксиметр передает эту информацию на центральный блок ADAS, где она анализируется и интерпретируется.

Пульсоксиметр, встроенный в рулевое колесо, - это новая технология, которая позволяет измерять уровень насыщения кислородом и частоту сердечных сокращений водителя без необходимости надевать сенсор на палец. Это увеличивает удобство и комфорт водителя, а также уменьшает риск ошибок и помех при измерении [2, 5, 6, 8].

Пульсоксиметр, встроенный в рулевое колесо, имеет ряд преимуществ перед традиционными напалечными пульсоксиметрами, такие как:

- Более высокая точность и надежность: пульсоксиметр, встроенный в рулевое колесо, не подвержен влиянию движения пальца, низкой температуры, низкого кровяного давления, загрязнения сенсора, наличия лака для ногтей и других факторов, которые могут исказить или затруднить измерение уровня насыщения кислородом в крови и частоту сердечных сокращений.

- Более высокий комфорт и удобство: пульсоксиметр, встроенный в рулевое колесо, не требует, чтобы водитель носил на пальце специальный сенсор, который может быть неудобным, мешать управлению автомобилем, вызывать раздражение или аллергию кожи. Также не требуются дополнительные действия от водителя, таких как включение, выключение, настройка или калибровка. Пульсоксиметр автоматически активируется при включении зажигания и деактивируется при выключении зажигания.

- Более высокая интеграция и функциональность: пульсоксиметр, встроенный в рулевое колесо, является частью системы ADAS, которая включает в себя другие датчики и устройства, такие как камеры, радары, лидары, GPS, ИИ и другие. Пульсоксиметр может синхронизироваться и взаимодействовать с другими компонентами системы ADAS, а также с другими системами автомобиля, такими как система мультимедиа, система климат-контроля, система освещения и т.д. Он может также передавать информацию о состоянии водителя на дисплей приборной панели, на головное устройство или на смартфон водителя [1, 3, 4, 7].

Источники

1. Хизбуллин, Р. Н. Автономный медицинский регистратор для диагностики физиологического состояния водителей и машинистов во время управления транспортным средством // Современные проблемы безопасности жизнедеятельности: интеллектуальные транспортные системы и ситуационные центры: материалы V Межд. научно-практической конф. ITSForum-KAZAN 2018. — Казань: Центр инновационных технологий, 2018. Ч. 1. С. 459-465.

2. Хизбуллин, Р. Н. Автоматизированный медицинский аппаратный комплекс для предсменного осмотра персонала энергетических предприятий / Р.Н. Хизбуллин, А.И. Ларюшин // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2014. № 1-2. С.125-133.

3. «ГЛОНАСС / ГНСС - Форум». Рынок бортового оборудования и технологий ADAS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aggf.ru/projects/Рынок%20бортового%20оборудования%20и%20технологий%20ADAS.pdf>

4. Оптико-электронные приборы и биодозиметрический контроль в медицине: монография / А.И. Ларюшин, Р.Н. Хизбуллин. - Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2018. - 248 с.

5. Rob. N. Khizbullin, B.V. Chuvykin, Rad. N. Khizbullin and A.A. Makhov /The im-plementation of new digital technologies during pre-shift examinations of personnel at energy enterprises. E3S Web of Conferences 288, 01087 (2021).

6. Rob. N. Khizbullin, L.S. Sabitov, Rad. N. Khizbullin, P.P Pavlov, A.N. Khusnutdi-nov and A.R. Abdullina /Medical and Biological Problems in the Control of Thera-peutic Exposure Parameters in Sports Medicine and Ways of Their Solu-tion in New Medical Instruments and Systems. ISTC-IETEM-2019.

7. R.N. Khizbullin, E.M. Khusnutdinova, P.P Pavlov, V.P. Fandeyev, A. N. Khusnutdinov and I.V. Cherepenkin /Comprehensive test procedure for digital in-struments and devices of automated versatile systems. E3S Web of Conferences 157, KTTI-201901005 (2020).

8. Robert Khizbullin, Radik Khizbullin, Valerii Galiakhmetov /Instrument implemen-tation of an automated complex for recording physiological parameters of drivers. E3S Web of Conferences 157, KTTI-2019, 01005 (2020).

УДК 621.373

УМЕНЬШЕНИЕ ПОТЕРЬ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ОПТОВОЛОКНЕ ПРИМЕНИТЕЛЬНО ДЛЯ МЕДИЦИНЫ

Матвеев Е.В.¹, Кабиров А.Р.²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

Науч. рук. д.т.н. профессор Хизбуллин Р.Н.

¹fastercup@gmail.com, ²aynur.kabirov.2001@mail.ru

Оптическое или лазерное излучение все чаще применяется в медицинской практике для диагностирования и лечения различных заболеваний. Лазерное излучение удобнее доставлять до биотканей с помощью оптического волокна. При этом оптическое волокно должно удовлетворять ряду требований – малое сечение оптоволокна, низкие коэффициенты затухания в оптическом диапазоне и низкие потери оптического сигнала. В статье рассмотрены структура оптоволокна и свойства преломления света в нем, а также подходы для уменьшения потерь излучения в оптоволокне.

Ключевые слова: волокно, свет, скорость, луч.

REDUCTION OF OPTICAL RADIATION LOSSES IN OPTICAL FIBER APPLIED TO MEDICINE

Matveev E.V.¹, Kabirov A.R.²

^{1,2} KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

Scientific advisor Khizbullin Robert N.

¹fastercup@gmail.com, ²aynur.kabirov.2001@mail.ru

Optical or laser radiation is increasingly used in medical practice for the diagnosis and treatment of various diseases. It is more convenient to deliver laser radiation to biological tissues using optical fiber. At the same time, the optical fiber must meet a number of requirements – a small fiber cross-section, low attenuation coefficients in the optical range and low optical signal loss. The article discusses the structure of optical fiber and the properties of light refraction in it, as well as approaches to reduce radiation losses in optical fiber.

Keywords: fiber, light, speed, beam.

Применение методов и технологий для уменьшения потерь оптического излучения в оптоволокне имеет большое значение для медицины, так как позволяет повысить эффективность и надежность оптических медицинских систем, обеспечивает более точную передачу данных и образов, а также снижает возможные риски для пациентов [1].

На рисунке 1 изображена структура оптоволокна, которая состоит из сердцевины и оболочки. Сердцевина имеет более высокий показатель преломления (n_1) и однородна в направлении распространения света. Оболочка, с меньшим показателем преломления ($n_2 < n_1$), окружает сердцевину. Свет распространяется по сердцевине оптоволокна [2].

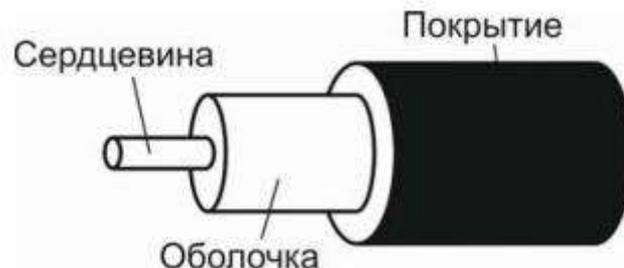


Рис. 1. Структура оптоволокна

Известно, что скорость распространения света изменяется в различных средах. При переходе через границу двух прозрачных сред луч

света частично отражается и частично преломляется (рисунок 2а). Угол, под которым происходит отражение, равен углу падения, а угол преломления зависит от отношения показателей преломления среды [3].

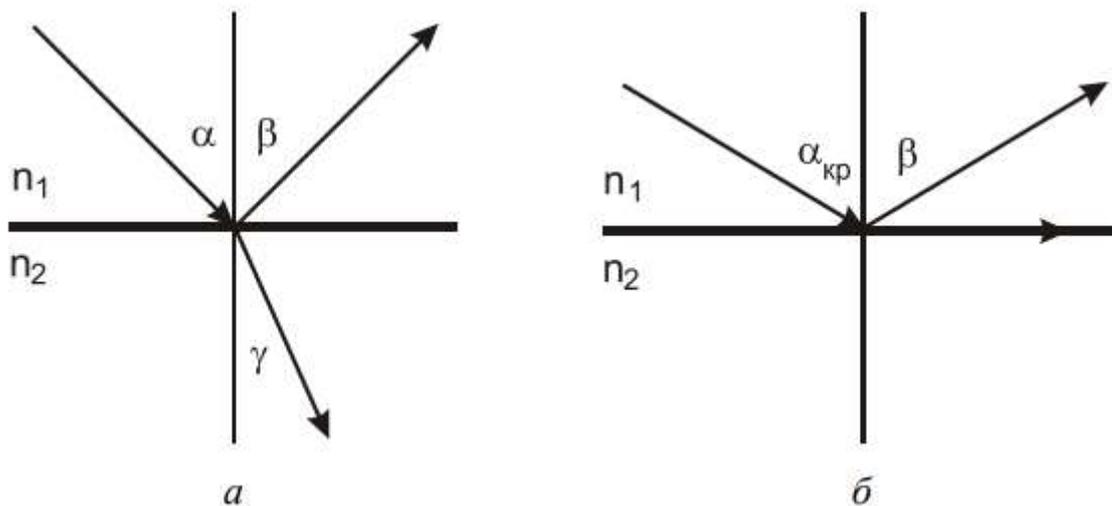


Рис.2. Прохождение света через границу раздела двух сред

Через сердцевину волокна свет передается путем полного внутреннего отражения от стенок оболочки. Это позволяет волокну функционировать как световод. За счет того, что оболочка не поглощает свет, сигналы могут передаваться с минимальными потерями [4]. Чтобы преломленный луч не проникал во вторую среду (рисунок 2б), а двигался вдоль границы раздела, необходимо выбрать оптоволокно с низким коэффициентом затухания, выражаемым в децибелах на метр (дБ/м) [5]. Низкие потери означают, что меньше света поглощается или рассеивается волокном, что позволяет сигналу распространяться с большей скоростью. Оптимизация длины волны, то есть выбрать длину волны, на которой потери в конкретном оптоволокне минимальны. Так же использование волокон с большим диаметром сердцевины, так как они имеют меньшую плотность мощности, что снижает нелинейные эффекты. Значительную роль играет так же температурная стабильность, так как температурные колебания могут влиять на скорость распространения света. Реализация этих мер позволит приблизить скорость распространения света в оптоволокне к скорости света в вакууме, что необходимо для высокоскоростной передачи данных и других приложений, требующих быстрой передачи света [6].

В заключение, использование оптоволокна в медицинских приложениях позволяет значительно снизить потери оптического излучения. Благодаря принципу полного внутреннего отражения и минимальным поглощениям света оболочкой, сигналы могут передаваться внутри волокна с минимальными потерями. Это делает оптоволокно особенно полезным в медицине, где высокое качество передачи оптического излучения критично для точной диагностики и эффективного лечения.

Источники

1. Смирнов А.Г. Квантовая электроника и оптоэлектроника: учебное пособие для вузов. – Минск.: Высшая школа, 1987. – 196 с.: ил.
2. Gubarev F.A., Sukhanov V.B., Evtushenko G.S., Fedorov V.F., Shiyanov D.V. CuBr Laser Excited by a Capacitively Coupled Longitudinal Discharge// IEEE J. Quantum Electronics. – 2009. – Vol.45. – No2. – P.171–177.
3. Губарев Ф.А., Федоров В.Ф., Евтушенко Г.С., Суханов В.Б., Заикин С.С. Лазер на парах бромида меди с частотой следования импульсов 400 кГц // Известия Томского политехнического университета. – 2008. – Т. 312. – № 2. – С. 106–107.
4. Пасманик Г.А., Земсков К.И., Казарян М.А. и др. Оптические системы с усилителями яркости. – Горький: ИПН АФ СССР, 1988. – 173 с.: ил.
5. Isaev A.A., Jones D.R., Little C.E., Petrash G.G., Whyte C.G., Zemskov K.I. Characteristics of pulsed discharges in copper bromide and copper HyBrID lasers // IEEE J. Quantum Electron. – 1997. – Vol. 33. – № 6. – P. 919–926.
6. Ларюшин А.И., Хизбуллин Р.Н. Оптико -электронные приборы и биодозиметрический контроль в медицине: монография. –Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2018. -248 с. ISBN 978-5-89873-515-9.

АНАЛИЗ РЫНКА ЭЛЕКТРОННЫХ ТОНОМЕТРОВ В РОССИИ

Махов Айдар Альбертович¹, Хизбуллин Роберт Накибович²
Науч. рук. д-р.техн. наук, проф. Геращенко Сергей Иванович¹
¹ФГБОУ ВО «ПГУ», г. Пенза
²ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
¹2257005@bk.ru, ²robert.khizbullin@mail.ru

Артериальная гипертензия – самое распространенное неинфекционное заболевание во всем мире. По данным зарубежных исследований, от нее страдает порядка 35–40% взрослого населения, а с возрастом частота ее встречаемости увеличивается, достигая 50–65% у людей старше 65 лет. В России диагноз гипертонической болезни имеют не менее 40% населения. Среди важнейших мер профилактики и лечения гипертонии является постоянный контроль за уровнем артериального давления с помощью домашних тонометров или тонометров масс-сегмента, ключевые тренды рынка которых представлены в настоящей статье.

Ключевые слова: артериальная гипертензия, автоматический тонометр, механический тонометр, плечевые тонометры, тонометры на запястье.

ANALYSIS OF THE MARKET FOR ELECTRONIC BP METERS IN RUSSIA

Makhov Aidar A¹, Khizbullin Robert N²
Scientific advisor Gerashchenko Sergey I.¹
¹KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan, Russia
²PSU, Penza, Russia
¹2257005@bk.ru, ²robert.khizbullin@mail.ru

Arterial hypertension is the most common non-communicable disease worldwide. According to foreign studies, about 35–40% of the adult population suffers from it, and with age its incidence increases, reaching 50–65% in people over 65 years of age. In Russia, at least 40% of the population is diagnosed with hypertension. One of the most important measures to prevent complications of hypertension is constant monitoring of blood pressure levels using home blood pressure monitors, the key market trends of which are presented in this article.

Keywords: arterial hypertension, automatic tonometer, mechanical tonometer, shoulder tonometers, wrist tonometers.

Согласно анализу [1-3], за последние 4-5 лет рынок тонометров в РФ демонстрировал устойчивый рост в стоимостном выражении. Таким образом, среднегодовой темп роста этого прибора масс- сегмента за рассматриваемый период составил +4,43% в рублях, достигнув к 2023 году объема 7,25 млрд руб. в ценах конечного потребления.

В натуральном выражении в 2018 году рынок тонометров масс-сегмента преодолел период резкого падения (-24,1% в 2018 году по сравнению с 2017 годом), но в течение следующих 9 лет наблюдался оптимистичный рост объемов продаж. К 2023 г. этот сегмент рынка практически достиг показателей пятилетней давности (в 2018 г. продано 3,91 млн тонометров), что показывает о постепенном восстановлении спроса на приборы индивидуального использования для измерения артериального давления [1-2].

На аптечном рынке значительную долю продаж занимают автоматические тонометры, причина кроется простотой их использования. Доля их неуклонно растет: 72% в натуральном выражении в 2023 году и 85% в стоимостном. По популярности тонометров на втором месте находятся механические тонометры (доля 22,2% в упаковках и 10,1% в рублях). Завершает список полуавтоматические тонометры, они не столь популярны в РФ, доля их стремительно падает, и в 2023 году их доля составила всего 5,6% в штуках и в рублях 4,6%, это в два раза ниже, чем в 2017-2018 гг. [1-3].

Необходимо отметить, что автоматические тонометры самые дорогостоящие. Автоматический тонометр в среднем в 1,4 раза дороже полуавтоматического и в 2,6 раза дороже механического. В целом после резкого роста стоимости тонометров в 2018 году цены на приборы для измерения артериального давления на протяжении последних 3 лет остаются на относительно более стабильном уровне. В последний период времени происходит падение стоимости на механические и автоматические тонометры, поскольку появляются на рынке новые игроки, которые пересматривают ценообразование своей продукции для захода на этот рынок изделий и захвата части этого рынка.

Российские потребители склонны к приобретению плечевых тонометров (доля рынка более 90,5% и около 87,3% среди автоматических тонометров). Доля рынка наручных тонометров значительно упала в период времени с 2017 по 2023 год. На фоне уменьшения цен на плечевые тонометры разница в цене на эти два типа приборов также снизилась. [1-3].

По результатам продаж 2023 года компания A&D заняла лидирующие позиции на рынке тонометров масс-сегмента. В лидерах также корпорации Omron и B.Well (см. таблицу). В сумме на эти три производителя тонометров приходится около 89% рынка в рублях и 85% в упаковках [1-3].

Основная цель анализа – ознакомить участников рынка: в первую очередь производителей, а также клиентов, врачей и всех заинтересованных лиц с текущей ситуацией на рынке и прогнозами на будущее.

Производителям тонометров важно понимать, какие медико-технические задачи необходимо решить в краткосрочной и среднесрочной перспективе исходя из предпосылок потребительского спроса и рекомендаций врачей сегодня, а это такие важные показатели и свойства тонометров, как точность и надежность измерения, доступная цена, простота использования прибора.

Топ-10 производителей тонометров в России по итогам 2023 г.

Рейтинг	Фирма-производитель	Доля продаж		Прирост 2023/2022		Прирост цены 2023/2022, % руб.
		% руб.	% упак.	% руб.	% упак.	
1	A&D	44,70%	44,10%	12%	18%	-6%
2	Omron Healthcare	34,10%	27,70%	-1%	0%	-1%
3	B. Well	10,60%	12,50%	7%	31%	-18%
4	Little Doctor	3,20%	5,00%	-7%	6%	-12%
5	CS Medica	2,80%	6,20%	2%	5%	-3%
6	Microlife AG	1,60%	1,60%	-35%	-31%	-6%
7	Paul Hartmann AG	1,50%	0,80%	-12%	-10%	-2%
8	Nihon Seimitsu Sokki Co.	1,00%	0,70%	-12%	-5%	-7%
9	Medical Technology Products	0,50%	1,20%	34%	38%	-3%
10	«Адьютор» ЗАО	0,04%	0,10%	65%	80%	-8%

Источники

1. Прожерина Ю. Аптечный рынок тонометров: ключевые тренды, научная статья [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aptechnyu-rynok-tonometrov-klyuchevye-trendy> (дата обращения: 28.03.2024).
2. Аудит компании DSM Group, официальный сайт [Электронный ресурс] URL: <https://dsm.ru/> (дата обращения: 28.03.2024).
3. Результаты исследований DISCOVERY Research Group, официальный сайт [Электронный ресурс] URL: www.drgroup.ru/ (дата обращения: 28.03.2024).

УДК 621.38

РЕОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД ДИАГНОСТИКИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Миниханов Ринат Рафисович

Науч. рук. д-р. техн. наук., проф., Хизбуллин Роберт Накибович

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

rinat.minihanov@gmail.com

В статье рассмотрено много аспектов применения реографии в диагностике и оценке состояния кровотока в организме человека. В частности, подчеркивается, что реография представляет собой неинвазивный и безопасный метод, который позволяет получить информацию о кровотоке как в отдельных органах и тканях, так и в организме в целом. Ее чувствительность и способность обнаруживать нарушения кровоснабжения делают этот метод ценным инструментом для диагностики различных заболеваний и оценки общего состояния пациента.

Ключевые слова: реография, кровоток, кровоснабжение, заболевание, самочувствие.

RHEOGRAPHIC METHOD FOR DIAGNOSING THE PHYSIOLOGICAL STATE OF A PERSON

Minikhanov Rinat R.

Scientific advisor Khizbullin Robert N.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

rinat.minihanov@gmail.com

The article discusses many aspects of the use of rheography in the diagnosis and assessment of the state of blood flow in the human body. In particular, it is emphasized that rheography is a non-invasive and safe method that allows you to obtain information about blood flow in individual organs and tissues, as well as in the body as a whole. Its sensitivity and ability to detect blood supply disorders make this method a valuable tool for diagnosing various diseases and assessing the general condition of the patient.

Keywords: rheography, blood flow, blood supply, disease, well-being.

Реография представляет собой диагностический метод, в котором изучается кровоток как в отдельных органах и тканях, так и в организме в целом. Реография основана на графической регистрации изменений электрической проводимости органа с помощью специального устройства - реографа. Эти изменения вызваны пульсацией кровотока [1].

Реография является неинвазивным методом, что означает его безопасность для организма. Он не вмешивается в нормальное функционирование тела, так как электрический ток, пропускаемый через него, имеет настолько низкую амплитуду и частоту, что не способен причинить какой-либо вред. Кроме того, реография является очень чувствительным методом и позволяет оценить общее состояние кровоснабжения, выявить нарушения кровотока, как в отдельном органе, так и в организме в целом [2].

Реограф работает на основе генератора электрического тока и специальной насадки, которая преобразует измерения в графическую форму. Реограмма записывается с использованием металлических электродов, установленных на целевых областях тела. Реограмма отображает пульсацию сосудов в форме синусоиды. Быстрый взлет графика указывает на артериальный кровоток, в то время как плавное снижение свидетельствует о венозном кровотоке. Для тщательного анализа состояния кровотока необходимо получить много таких кривых реограммы [3].

Центральная реография - это исследование кровотока в легочной артерии и аорте, что является отличным способом оценки работы сердца. Во время наполнения легких и правых желудочков кровью судьба сократительной функции сердца судится. Обычно реограмма легочной артерии выглядит следующим образом: неглубокий восходящий участок (на реограмме аорты этот сегмент круче), круглый вершинный пик с небольшим "впадинкой" или дополнительной волной и плавный спуск [4].

С помощью сосудистой реографии или реовазографии можно оценить кровоток в периферических сосудах, например, в конечностях. Основные "цели" реовазографии - это сосуды верхних и нижних конечностей.

Для проведения реографии сосудов применяются прямоугольные или полосчатые электроды, которые размещаются на коже, показанные на рисунке [5]. Перед этим область кожи под ними подготавливается с использованием раствора хлорида натрия или специального электропроводящего геля [6]. С помощью метода сосудистой реографии можно выявить такие патологии, как облитерирующий эндартериит, известный также как "болезнь курильщика": это хроническое заболевание, при котором поражаются артерии ног и стоп. Это проявляется на реограмме как уменьшение высоты кривой, сглаживание пика и отсутствие дополнительных волн [7].

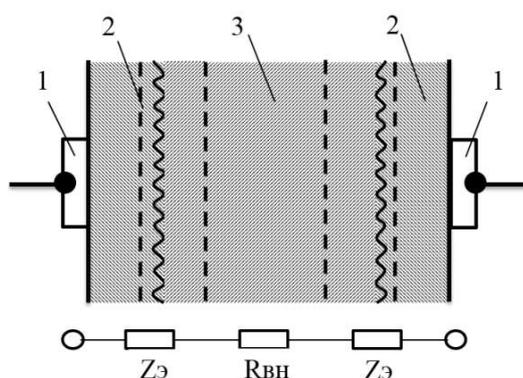


Схема электрического подключения электродов реоплетизмографа и его эквивалентная схема замещения

1 — электроды; 2 — наружный слой кожи — эпидермис (роговой и ростковый слой); 3 — внутренние ткани тела (включая внутренний слой кожи — дерму); $Z_{\text{э}}$ - комплексное сопротивление кожи, $R_{\text{вн}}$ — активное сопротивление внутренних тканей

Источники

1. Левин, А. И. Реография как неинвазивный метод исследования заболеваний сердечно-сосудистой системы человека / А. И. Левин. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2021. — № 18 (360). — С. 70-73.

2. Кормилицын Александр Юрьевич, Ханков Сергей Иванович, Скорубский Владимир Иванович Измерение параметров дыхания датчиком воздушных потоков // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013. №3 (85).

3. Ревенко С. В. Гармонические перспективы реографии // Нервно-мышечные болезни. 2012. №4.

4. Ланин С. Н. Повышение диагностической значимости метода реографии // Сибирское медицинское обозрение. 2002. №3.

5. Думлер Андрей Артурович, Подтаев Сергей Юрьевич, Степанов Родион Александрович, Фрик Петр Готлобович Практическое применение импедансной реографии в кардиологии - новые подходы // Альманах клинической медицины. 2016. №2.

6. Скоморохов А. А., Калиниченко Н. Н., Захаров С. М., Талалаев А. А. Использование реографа-полианализатора для донозологической диагностики и реабилитации // Известия ЮФУ. Технические науки. 2002. №5.

7. Оптико-электронные приборы и биодозиметрический контроль в медицине: монография / А. И. Ларюшин, Р. Н. Хизбуллин; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный энергетический университет". - Казань : КГЭУ, 2018. - 247 с. : ил., табл.; 20 см.; ISBN 978-5-89873-515-9 : 500 экз.

УДК 629.1.05

ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ ПРОВЕРКИ ВОДИТЕЛЯ НА АЛКОГОЛЬНОЕ ОПЬЯНЕНИЕ В СИСТЕМУ DSM-ADAS ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА.

Мухамедзянов Эмиль Алмазович¹, Мухаметзянов Ришат Рашатович²,
Токтаров Игорь Витальевич³

Науч. рук. д-р.техн.наук, проф. Хизбуллин Роберт Накибович

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹emil20.03.012@gmail.com, ²toktarovigor@outlook.com, ³rishat05282000@gmail.com

В статье рассмотрена возможность внедрения системы проверки водителя транспортного средства на алкогольное опьянение в систему DSM-ADAS транспортного средства. Представлен принцип работы таких систем, описано устройство и органы данных систем.

Ключевые слова: автоматизация, управление ТС, система ADAS, DSM-ADAS, электромобиль, безопасность.

INTEGRATION OF DRIVER ALCOHOL DETECTION SYSTEM INTO DSM-ADAS OF A VEHICLE

Mukhamedzyanov Emil A.¹, Mukhametzhanov Rishat R.², Toktarov Igor V.³

Scientific advisor Khizbullin Robert N.

¹⁻³KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹emil20.03.012@gmail.com, ²toktarovigor@outlook.com, ³rishat05282000@gmail.com

The article examines the possibility of integrating a driver alcohol detection system into the DSM-ADAS (Driver State Monitoring - Advanced Driver Assistance Systems) of a vehicle. The operation principle of such systems is presented, along with a description of their structure and components.

Keywords: automation, vehicle control, ADAS system, DSM-ADAS, electric vehicle, safety.

DSM-ADAS (Driver Safety Monitoring - Advanced Driver Assistance Systems) - это система мониторинга безопасности водителя, интегрированная с передовыми системами помощи водителю (Advanced Driver Assistance Systems) [1]. Она предназначена для наблюдения за поведением водителя и предоставления предупреждений или реагирования на опасные ситуации на дороге [2].

Обычно DSM-ADAS включает в себя различные датчики и камеры, которые следят за состоянием водителя и его поведением за рулем. При помощи определенных алгоритмов, анализируя поведение водителя с помощью датчиков и камер, можно распознать состояние алкогольного опьянения водителя, и запретить его движение [3]. Также возможно дополнение системы DSM анти-стартерным этиломером в системе зажигания транспортного средства, которое заблокирует возможность запуска двигателя при превышении допустимого уровня алкоголя в крови.

Данные устройства особенно востребованы в отраслях грузоперевозок и перевозки пассажиров. Т.к. именно в этих отраслях водитель в состоянии алкогольного опьянения, предоставляет наибольшую опасность для окружающих [4].

Состав датчика алкоголя и принципиальная схема его подключения представлены на рисунках 1 и 2 соответственно.

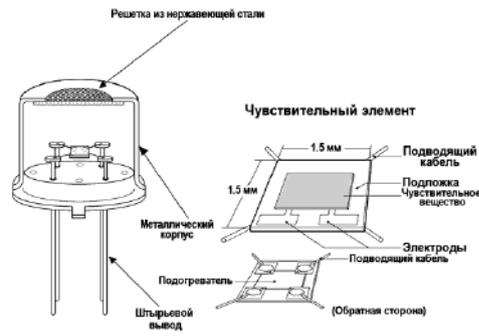


Рис.1. Состав датчика алкоголя

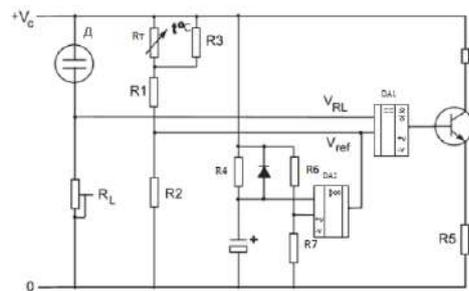


Рис.2. Принципиальная схема подключения датчика

Система анализирует выдыхаемый воздух в поисках присутствия алкоголя. Для этого используется электрохимический датчик, который реагирует на присутствие этилового спирта в выдыхаемом воздухе.

В основе работы электрохимического датчика лежит процесс окисления этилового спирта (алкоголя) при взаимодействии с каталитическим материалом внутри датчика. В результате этого процесса этиловый спирт окисляется до ацетальдегида. Во время окисления этилового спирта происходит выделение электронов, которые передаются через электроды датчика. Этот электрический сигнал может быть измерен и проанализирован. Электрический сигнал, полученный от датчика, преобразуется в измеряемое значение, которое соответствует концентрации алкоголя в воздухе, который анализируется [5]. Полученное значение сравнивается с установленным порогом. Если концентрация алкоголя превышает установленный порог, это может указывать на то, что водитель находится под воздействием алкоголя, и может быть принято соответствующее решение, например, блокировка запуска двигателя.

Источники

1. Кацуба Ю.Н., Караваев Н.А. К вопросу продвижения беспилотных технологий на грузовом автомобильном транспорте // МНИЖ. 2023.

2. Комзалов А.М., Шилов Н.Г. Применение современных технологий в системах помощи водителю автомобиля // Приборостроение. 2017.

3. Лашков И.Б., Смирнов А.В., Кашевник А.М. Исследование и разработка подхода к построению интеллектуального мобильного сервиса для автоматизированной поддержки водителя транспортного средства // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2015.

4. Новиков, А. А. Алкозамок – первые итоги и перспективы развития / А. А. Новиков // ГЛОНАСС – Регионам : Материалы 3-ей Всероссийской научно-практической конференции, Орел, 27–28 ноября 2012 года / ФГБОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», под общей редакцией д.т.н., проф. А.Н. Новикова. – Орел: Государственный университет - учебно-научно-производственный комплекс, 2013. – С. 54-56. – EDN SXNBDB.

5. Robert Khizbullin, Radik Khizbullin, Valerii Galiakhmetov /Instrument implementation of an automated complex for recording physiological parameters of drivers. E3S Web of Conferences 157, КТТИ-2019, 01005 (2020)

УДК 004.04

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСТАЛОСТИ ВОДИТЕЛЯ

Мухаметзянов Ришат Рашатович ¹, Токтаров Игорь Витальевич ²,
Мухамедзянов Эмиль Алмазович ³

Науч. рук. д.т.н., доцент. Хизбуллин Роберт Накибович
^{1,2,3}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
¹rishat05282000@gmail.com, ²toktarovigor@outlook.com

Отслеживание усталости водителя является критически важной задачей для обеспечения безопасности на дороге. В данной статье рассматривается использование современных методов глубокого обучения, основанных на сверточных нейронных сетях (СНС), для реализации реального времени семантической сегментации глаза на изображении, полученном с камеры внутри автомобиля. Этот метод позволит постоянно отслеживать состояние глаз водителя и выявлять признаки усталости.

Ключевые слова: Сегментация глаза, сверточные нейронные сети, биологические признаки усталости, мониторинг водителя.

APPLICATION NEURAL NETWORKS FOR DETERMINING DRIVER FATIGUE

Mukhametzyanov Rishat R. ¹, Toktarov Igor V. ², Mukhamedzyanov Emil A. ³

Scientific advisor Khizbullin Robert N.

^{1,2,3} KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹rishat05282000@gmail.com, ²toktarovigor@outlook.com, ³emil20.03.012@gmail.com,

Monitoring driver fatigue is an important factor in ensuring road safety. This paper uses state-of-the-art deep learning techniques based on super neural networks (CNNs) to implement real-time semantic segmentation of eyes on an image obtained from a camera inside a car. This method allows you to constantly monitor the condition of the driver's eyes and identify signs of fatigue.

Keywords: Eye segmentation, convolutional neural networks, biological signs of fatigue, driver monitoring.

Сверточные нейронные сети (СНС) – это тип нейронных сетей, специально разработанный для обработки изображений [1]. СНС состоят из нескольких слоев, включая сверточные слои, слои подвыборки, и полносвязанные слои. В процессе обучения CNN на вход подаются изображения, и каждый слой сети последовательно обрабатывает изображение, выделяя важные признаки, архитектура СНС представлена рисунке 1[2].

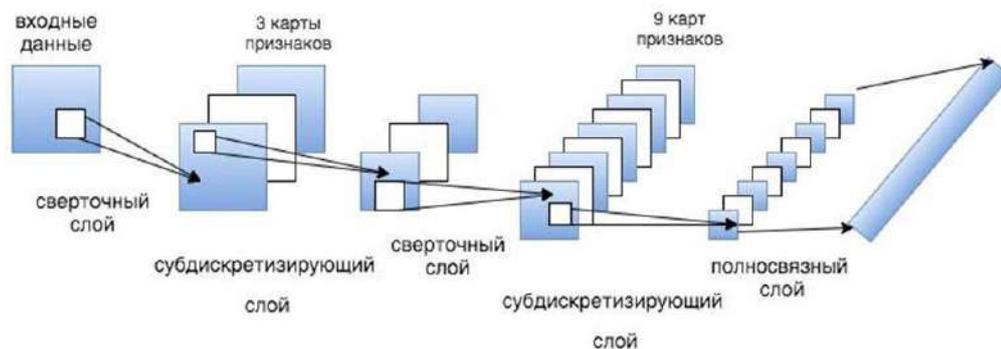


Рис.1. Архитектура сверточной нейронной сети.

Для семантической сегментации глаза СНС применяется к каждому пикселю в изображении, определяя, принадлежит ли пиксель к глазу или к другим объектам на изображении. Это позволяет точно определить область

глаза и осуществлять отслеживание в реальном времени, пример позиционирования глаза представлена на рисунке 2 [3].

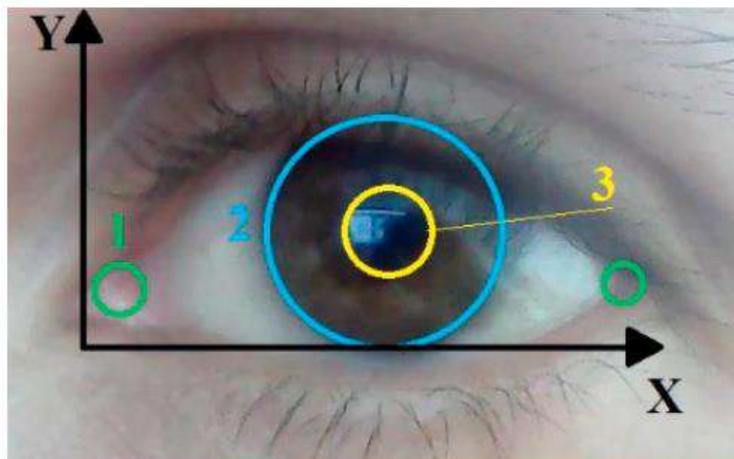


Рис.2. Позиционирование глаз,
где 1- края глаз, 2- радужка глаза, 3 зрачок.

Для обнаружения и позиционирования глаз человека можно использовать такие нейронные сети как Google TensorFlow EfficientDet, FaceBook Pytorch/Detectron RetinaNet/MaskRCNN, YOLO. Среди них стоит отдельно упомянуть YOLOv4, так как она является более эффективной, что наглядно показано в кривой оптимальности по Парето на рисунке 3.

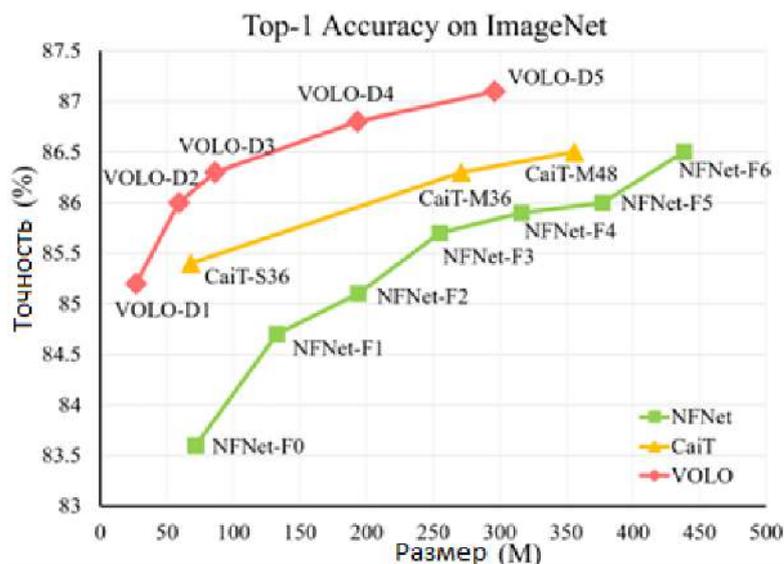


Рис. 3. График эффективности нейросети по Парето.

Интеграция биологических аспектов работы глаза: частота моргания, расширение зрачка, изменения в движениях, покраснение глаз, изменения в размере зрачка позволяет определить уровень усталости водителя[4].

Использование современных методов глубокого обучения и сверточных нейронных сетей для сегментации глаза в реальном времени представляет собой эффективный способ обеспечения безопасности на дороге путем непрерывного мониторинга уровня усталости водителя. Дальнейшие исследования и разработки в этой области могут дополнительно улучшить эффективность и надежность таких систем [5].

Источники

1. Бредихин А.И. Алгоритмы обучения сверточных нейронных сетей // Вестник ЮГУ. 2019. №1 (52). С. 1-14.

2. Khizbullin, R., Markuleva, M., Gerashchenko, M., Gerashchenko, S., Ivshin, I./The Hemodynamic Parameters Values Prediction on the Non-Invasive Hydrocuff Technology Basis with a Neural Network Applying//Sensors, 2022, 22(11), 4229

3. Фам Т.А., Жукова Н.А., Евневич Е.Л. Распознавание опасного состояния водителя на основе факторной модели характеристик лица человека // Известия ТулГУ. Технические науки. 2021. №10.

4. Лашков И.Б. Анализ поведения водителя при управлении транспортным средством с использованием фронтальной камеры смартфона // Информационно-управляющие системы. 2017. №4 (89).

5. Ишков А.С., Борисов Н.А., Земляков Д.В. Электронные системы мониторинга действий водителя автомобиля // Вестник ПензГУ. 2023. №3 (43).

УДК 615.47

ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ АЛГОРИТМА РАБОТЫ БЛОКА ПИТАНИЯ МИНИАТЮРНОГО МНОГОКАНАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФА

Павлов Антон Эдуардович ¹, Павлов Павел Павлович ²
Науч. рук.д-р техн. наук, проф. Хизбуллин Роберт Накибович
^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
¹pavlov-1557-104@yandex.ru, ²pavlov2510@mail.ru

В статье рассматриваются особенности организации алгоритма работы блока питания миниатюрного многоканального электроэнцефалографа от перезаряжаемого литий-полимерного аккумулятора. Для работы портативных медицинских изделий важен правильный выбор надежных и долговечных источников питания, чтобы они могли работать без сбоев и не требовали частой замены. Представленная функциональная схема блока питания миниатюрного электроэнцефалографа показывает принцип построения и алгоритм его работы.

Ключевые слова: электроэнцефалография, электроэнцефалограф, система управления источником питания.

FEATURES OF THE ORGANIZATION OF THE OPERATIONAL ALGORITHM OF THE POWER SUPPLY OF A MINIATURE MULTICHANNEL ELECTROENCEPHALOGRAPH

Pavlov Anton E. ¹, Pavlov Pavel P. ²

Scientific advisor Khizbullin Robert N.

^{1,2}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹pavlov-1557-104@yandex.ru, ²pavlov2510@mail.ru

The article discusses the features of the organization of the operating algorithm of the power supply of a miniature multichannel electroencephalograph from a rechargeable lithium-polymer battery. For the operation of portable medical devices, it is important to choose the reliable and durable power sources so that they can operate without failure and do not require frequent replacement. The presented functional diagram of the power supply of a miniature electroencephalograph shows the principle of construction and the algorithm of its operation.

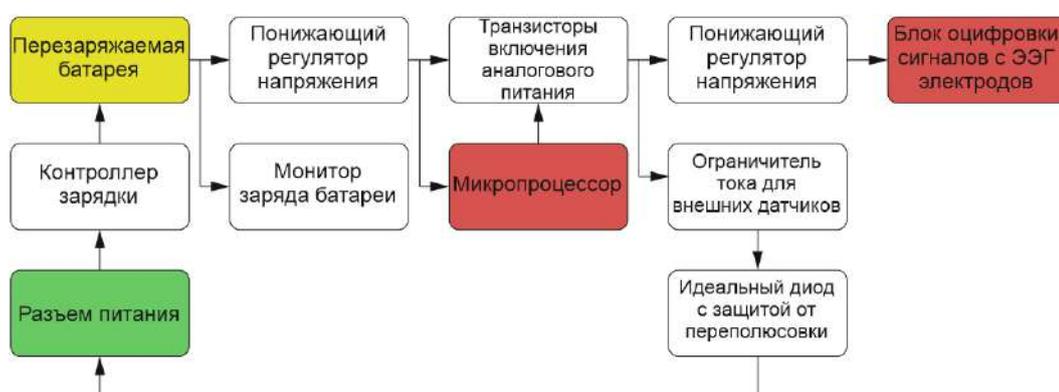
Keywords: electroencephalography, electroencephalograph, battery management system.

Миниатюрный многоканальный электроэнцефалограф должен обеспечивать свободу действия пациенту, поэтому необходимо организовать работу от встроенных источников питания. Портативные медицинские изделия обычно работают от первичных батарей или аккумуляторов. Это могут быть стандартные батарейки типа АА или ААА, либо перезаряжаемые аккумуляторы, которые можно заряжать с помощью специального зарядного устройства [1, 2].

Источником питания для миниатюрного электроэнцефалографа является литий-полимерная перезаряжаемая батарея емкостью 200 мАч, которая обеспечивает 4-х часовую работу устройства при использовании 21-го канала. Важно в работе миниатюрного электроэнцефалографа иметь

надежные и долговечные источники питания, чтобы они могли работать без сбоев и не требовали частой замены [3].

Для обеспечения большого срока службы аккумулятора, необходимо организовать алгоритм для эффективной и безопасной зарядки, функциональная схема такого блока питания представлена ниже (см. рисунок). Для этого в блок питания добавлены контроллер зарядки, который заряжает батарею по специальному циклу, сначала током, а затем напряжением. Также в системе есть монитор заряда батареи, который считает напряжение, ток, время работы и температуру батареи и из этих значений высчитывается процент заряда/разряда батареи [4].



Функциональная схема блока питания миниатюрного многоканального электроэнцефалографа

Чтобы устройство правильно расходовало заряд батареи необходимо внедрить регуляторы напряжений и системы защиты. Микропроцессор с *Bluetooth* модулем управляет транзисторами выключения аналогового питания, чтобы ограничить расход заряда батареи в режиме ожидания устройства. Ограничитель тока необходим для защиты внешних датчиков от короткого замыкания и удара тока через электрод на голову пациента. Идеальный диод защищает устройство от статического электричества и также от неправильного подключения зарядного устройства в случае переплюсовки [5].

Приведенные требования при организации питания портативного медицинского изделия обеспечит правильный цикл заряд/разряд, что увеличит срок службы перезаряжаемой батареи, предотвратит его возгорание при перезаряде или перегреве.

Источники

1. Holmes, C.F. The role of lithium batteries in modern health care // J. Power Sour. 2001. V. 97. P. 739–741.
2. Amar A.B., Kouki A.B., Cao H. Power approaches for implantable medical devices // Sensors (Switzerland). 2015. Vol. 15. No. 11. P. 28889-28914.
3. Goodenough J.B., Kim Y. Challenges for rechargeable batteries // Journal of Power Sources. 2011. Vol.196. P. 6688 – 6694.
4. Robert R. Richardson, Peter T. Ireland, David A. Howey. Battery internal temperature estimation by combined impedance and surface temperature measurement // Journal of Power Sources. 2014. Vol. 265. P. 254 – 261.
5. Markus Lelie, Thomas Braun, Marcus Knips et al. Battery Management System Hardware Concepts: An Overview // Applied sciences. 2018. Vol. 8. N 534. P. 1 – 27.

УДК 62-503.55, 62-519

РАЗРАБОТКА МАЛЫХ БЕСПРОВОДНЫХ СИСТЕМ СБОРА ДАННЫХ В ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСАХ И СИСТЕМАХ

Сафиуллин Булат Ирекович¹, Вахитов Халил Фаритович², Аухадеев Авер Эрикович³

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹gogle2011@yandex.ru, ²lilah20@mail.ru, ³auhadeev.ae@kgeu.ru

В настоящее время разработка автоматизированных распределенных систем мониторинга является одним из приоритетных направлений в области сбора и обработки технических параметров. Эти системы основаны на использовании беспроводных технологий. Подобного рода системы позволяют в режиме реального времени получать информацию о техническом состоянии производства, возможных сбоях и авариях на конкретном участке производства. В докладе предлагается алгоритм создания подобных систем с применением стандартных методов протокола http и кодировании информации в json формате.

Ключевые слова: система сбора данных, интеллектуальные электротехнические комплексы, беспроводные технологии, алгоритмы сбора данных.

DEVELOPMENT OF SMALL WIRELESS DATA COLLECTION SYSTEMS IN ELECTROMECHANICAL COMPLEXES AND SYSTEMS

Safiullin Bulat I.¹, Vakhitov Khalil F.² Aukhadeev Aver E.³

^{1,2,3}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹gougle2011@yandex.ru, ²auhadeev.ae@kgeu.ru, ³lilah20@mail.ru

Currently, the development of automated distributed monitoring systems is one of the priority areas in the field of collecting and processing technical parameters. These systems are based on the use of wireless technologies. Systems of this kind make it possible to obtain real-time information about the technical state of production, possible failures and accidents at a specific production site. The report proposes an algorithm for creating such systems using standard methods of the http protocol and encoding information in json format.

Keywords: data acquisition system, intelligent electrical systems, wireless technologies, data acquisition algorithms.

На сегодняшний день в системах автоматического сбора и управления на производствах применяют такие интерфейсы и протоколы как CAN, RS-232/485, modbus, TSP/IP, zigbee и т.д. Данные способы организации передачи данных являются отработанными, массово проверенными, стандартизированными. Но главным недостатком данных решений является стоимость, обусловленная необходимостью закупки специализированного оборудования, сложностью модификации ПО и сети после этапа его монтажа, сложность модификации протокола обмена данных и обновления программного обеспечения, ограниченность сети по объему передачи данных в случае проводной связи, и ограниченность дальности передачи данных в случае применения беспроводных радиоканалов.

При применении стандартного http протокола обмена данными имеется возможность применение проводных (RJ-45) и беспроводных технологий (WiFi 2.4 b 5.0 ГГц) и стандартных средств коммуникации в виде WiFi роутеров, коммутаторов и ретрансляторов, с возможностью гибкой настройки сети (установка firewall, скоростных ограничений передачи данных, отключения или подключения сторонних устройств и т.д.). А применение стандартного JSON формата передачи данных позволит на уровне отдельно взятой сети унифицировать и стандартизировать протокол [1].

Структурно подобную сеть можно представить в виде исполнительных устройств (датчики окружающей среды, мощности,

переключатели, ПЛК), мастер устройств (как правило ПК под управлением OS Linux или Windows) и средств коммутации (маршрутизаторы, точки доступа WiFi и т.д.). Обмен данными происходит следующим образом: мастер устройство по заданному для конкретного исполнительного устройства адресу (IP), отправляет запрос в формате JSON, в котором обязательно должно содержаться кодовое слово и возвращаемый аргумент, исполнительное устройство в ответ отправляет параметры, заданные в возвращаемом аргументе. При этом защищенность всей сети ложится на стандартные маршрутизаторы и точки доступа, в которых, на сегодняшний день, реализованы современные методы шифрования и защиты от доступа с внешней сети[2-3].

Такой подход с одной стороны увеличит время на разворачивание системы, так как потребуются создание собственного API обмена данными между устройствами, с другой стороны полная открытость исходного кода данной сети и наличие квалифицированных специалистов позволит своевременно восстанавливать сеть в случае аварий или ЧП (отключение питания, ЭМИ помехи и т.д.), и произвести модернизацию или расширение сети за счет гибкости и масштабируемости, которые представляют изначально http протокол и JSON формат передачи данных[4].

На основе описанной модели сети устройств реализованы стенды дистанционного управления рулевой, тормозной и моторной системой управления, система сбора параметров технологических показателей датчиков, и система управления дорожными светофорами, установленные на стендах лаборатории «электромобильного и беспилотного транспорта» Казанского государственного энергетического университета. Применение данной модели сети позволяет в рамках учебного процесса реализовывать системы как ручного управления отдельно взятым стендом, так и в комплексе системы беспилотного управления, на основе вычислительного модуля jetson nano или jetsonAGX [5].

Источники

1. Zarichanskiy, M. A. Development of the laboratory practicum for studying of wireless communication ZigBee protocol / M. A. Zarichanskiy, V. K. Makukha // EDM : Proceedings, Altai– Altai: IEEE Computer Society, 2014. – P. 174-177.
2. Пальчевский, Е. В. Разработка удаленного клиента для автоматизированной передачи данных в UNIX-подобных системах / Е. В.

Пальчевский, А. Р. Халиков // Программные продукты и системы. – 2019. – № 1. – С. 092-102.

3 .Kirpichnikova, I. M. Electrical load control systems based on wireless data networks with self-organizing topology / I. M. Kirpichnikova, A. Yu. Uskov, A. I. Tsimbol // Bulletin of South Ural State University. Series: Power Engineering. – 2020. – Vol. 20, No. 1. – P. 85-93.

4. Патент № 2236703 С2 Российская Федерация, МПК G06F 9/445, A63F 13/12, G06F 13/00. Устройство, способ и система обработки информации, терминал и способ приема данных, и система широкополосной передачи данных : № 2000107846/09 : заявл. 29.07.1999 : опубл. 20.09.2004 / Т. Токунака, Э. Кэувэй.

5. Проектирование универсального учебно-лабораторного комплекса беспилотной платформы диагностики подстанций открытого исполнения / Б. И. Сафиуллин, Х. Ф. Вахитов // Тинчуринские чтения - 2023 "Энергетика и цифровая трансформация" : В 3-х томах, Казань, / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Том 1. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2023. – С. 493-495.

УДК 621.3.029: 616.12 – 008.64

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА КАРДИОИМПЛАНТЫ

Снежинская Ева Сергеевна

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Хизбуллин Роберт Накибович
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
s.theses@mail.ru,

Имплантация кардиостимуляторов и кардиовертер-дефибрилляторов (КВД) становится стандартной практикой для пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями. Однако с развитием технологий, уровень воздействия этих устройств на электрические, магнитные и электромагнитные поля (ЭМП) также возрастает как в повседневной жизни, так и на рабочем месте. Возникают опасения относительно электромагнитных помех, которые могут повлиять на работу имплантированных устройств и возникать в различных рабочих средах.

Ключевые слова: электромагнитные поля, кардиостимуляторы, системы телеметрической диагностики, биосигналы.

THE IMPACT OF ELECTROMAGNETIC FIELDS ON CARDIAC IMPLANTS

Snezhinskaya Eva S.

Scientific advisor Khizbullin Robert N.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan, Russia

s.theses@mail.ru

Implantation of cardiac pacemakers and cardioverter-defibrillators (ICDs) is becoming a standard practice for patients with cardiovascular diseases. However, with the advancement of technologies, the level of impact of these devices on electrical, magnetic, and electromagnetic fields (EMFs) is also increasing both in everyday life and in the workplace. Concerns arise regarding electromagnetic interference that may affect the operation of implanted devices and may arise in various work environments.

Keywords: electromagnetic fields, pacemakers, telemetry diagnostic systems, biosignals.

Электромагнитные поля могут возникать как в результате естественных процессов, так и быть созданными искусственно в результате различных технических процессов или устройств. Магнитные поля с постоянной полярностью, генерируемые устройствами с постоянными магнитами, могут вызывать электромагнитные помехи в кардиостимуляторах и кардиовертерах-дефибрилляторах, а также в системах их телеметрической диагностики (рис. 1). У пациентов, у которых установлены кардиостимуляторы, подверженность статическому магнитному полю может привести к переходу в асинхронный режим работы. КВД, напротив, обычно реагируют на сильные статические магнитные поля временным приостановлением всех терапевтических реакций на тахикардию. Эти статические магнитные поля проникают в тело и имплантированные устройства, что может активировать реле, вызывая так называемый режим магнита [2].



Электромагнитные помехи в кардиостимуляторе

Под воздействием радиочастотных полей провод начинает действовать как антенна, в которой электромагнитные помехи индуцируют напряжение, затрудняя работу устройства. Для уменьшения радиочастотной интерференции в корпус устройства встроены конденсаторы фильтрации пропускания, которые выступают в роли фильтра низких частот, значительно снижая шум высоких частот, например, от мобильных телефонов. Радиочастотные поля могут также приводить к нагреву металлической системы имплантата и повреждению окружающей ткани [1]. Хотя электрическая цепь кардиостимулятора и кардиовертера-дефибриллятора полностью защищена металлической оболочкой от электрических и радиочастотных полей, низкочастотные магнитные поля до 10 кГц могут проникать через оболочку, непосредственно индуцируя напряжение в электрической цепи имплантата, что может привести к неисправности или повреждению электронных компонентов [3].

Электромагнитные помехи также могут нарушать способность срабатывания сердечных имплантатов, вызывая шумовые сигналы, которые затрудняют интерпретацию электрокардиографических данных. Из-за воздействия индуцированного электрического тока от низкочастотных полей может возникнуть интерференция с внутренними биосигналами импланта, что может привести к неправильному срабатыванию устройства [4].

Из выше приведенного следует, что ЭМП оказывают разнообразные негативные воздействия на работу сердечных имплантатов: локальное

увеличение плотности тока, нагрев материалов, из которых изготовлен имплантат, нарушения в работе электронной цепи имплантата, нарушения функционирования системы детектирования имплантата.

Практическая значимость научных исследований в области защиты различных имплантов в теле человека от ЭМП является на сегодняшний день актуальной, разработка защиты людей со встроенными имплантами важная медико-техническая задача, которая до сих пор не решена, поэтому необходимо продолжать исследования в этой области.

Источники

1. Дедов, Д. А. Электромагнитные помехи в кардиостимуляторах / Д. А. Дедов, М. А. Грачев // Тенденции развития современной науки. – 2022. – С. 827-830.

2. Оптико-электронные приборы и биодозиметрический контроль в медицине: монография / А.И. Ларюшин, Р.Н. Хизбуллин. - Казань: Казан. гос. энерг.ун-т, 2018. - 248 с.

3. Robert Khizbullin, Radik Khizbullin, Valerii Galiakhmetov /Instrument implementation of an automated complex for recording physiological parameters of drivers. E3S Web ofConferences 157, KTTI-2019, 01005 (2020).

4. Robert Khizbullin, Radik Khizbullin /Ways to improve safety in the power industry: an automated hardware complex for pre-shift inspection of personnel of power enterprises. E3S Web of Conferences 124, SES-2019, 05048 (2019)

УДК 629.06

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УМНЫХ БРАСЛЕТОВ В СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ВОДИТЕЛЯ ЗА РУЛЕМ

Токтаров Игорь Витальевич¹, Мухаметзянов Ришат Рашатович²,
Мухамедзянов Эмиль Алмазович³

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Хизбуллин Роберт Накибович

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹toktarovigor@outlook.com, ²rishat05282000@gmail.com, ³emil20.03.012@gmail.com

Разработка приложения для существующих мультимедийных систем автомобиля поможет связать их с умными браслетами. Таким образом, интеллектуальные системы помощи водителю смогут получать данные о состоянии водителя, что может повысить

безопасность на дорогах и снизить возможный ущерб при совершении возможных аварий и ДТП, произошедших по причине усталости водителя.

Ключевые слова: безопасность, дорожное движение, мониторинг состояния водителя, интеллектуальные системы.

USE OF SMART BRACELETS IN THE SYSTEM OF MONITORING THE DRIVER'S CONDITION BEHIND THE WHEEL

Toktarov Igor V.¹, Mukhametzhanov Rishat R.², Mukhamedzhanov Emil A.³

Scientific advisor Khizbullin Robert N.

^{1,2,3}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹toktarovigor@outlook.com, ²rishat05282000@gmail.com, ³emil20.03.012@gmail.com

The development of an application for existing car multimedia systems will help link them with smart bracelets. In this way, intelligent driver assistance systems will be able to receive data on the driver's condition, which can improve road safety and reduce potential damage in potential accidents and crashes caused by driver fatigue.

Keywords: safety, road traffic, driver condition monitoring, intelligent systems.

По разным данным от 20 до 40 % всех ДТП происходит по причине усталости и сонливости водителя за рулем. Современные транспортные средства (ТС), оборудованные мультимедийными системами, позволяют подключать к ним переносные устройства водителя, такие как телефоны и умные браслеты. Также оборудованные интеллектуальной системой помощи водителю ADAS, ТС могут использовать данные о состоянии водителя для оценки безопасности движения и совершаемых маневров. Хотя и умные браслеты не являются медицинским изделием, современные модели способны в реальном времени считывать такие данные, как частота сердечных сокращений (ЧСС), частота и качество дыхания, артериальное давление, количество кислорода в крови (SpO2). Эти данные можно использовать для кардиореспираторного мониторинга состояния человека (прим. Неинвазивный метод сомнологического обследования с применением датчиков, снимающих показания работы сердца, дыхания, насыщения крови кислородом и т.д.) [1].

Многолетние исследования физиологии человека показывают, как изменяется пульс и артериальное давление в течение суток и при переходе из состояния бодрствования в первую стадию сна [2].

Организм настраивается к переходу в состояние сна заранее, поэтому за 10 минут до сна и в первые 10 минут сна ЧСС и АД падают

приблизительно на 20%. Эти показатели сильно отличаются для разных людей, но общий тренд изменения можно использовать для вычисления перехода состояния организма в режим сна [3].

Техническая сторона реализации данного решения требует наличие в ТС мультимедийной системы на базе Android, для которого необходима разработка специального приложения. Приложение должно иметь понятный пользовательский интерфейс и соответствовать современным критериям и требованиям. При сопряжении с устройством, приложение должно переключать умный браслет в специальный режим повышенной концентрации для того, чтобы устройство не отвлекало водителя от управления ТС. Приложение использует данные о состоянии водителя, времени суток и скорости движения ТС для того, чтобы сделать вывод о его состоянии. Такой вывод делается на основании коэффициента безопасности. Расчет коэффициента безопасности производится на основании данных с умного устройства. Если программа считает коэффициент низким, на устройство приходит уведомление, требующее нажатия водителем на экран устройства. Если этого не происходит, устройство начинает вибрировать, экран кратковременно включается на максимальной яркости, пытаясь разбудить водителя. Мультимедийная система при этом может включать громкие звуки в салоне автомобиля. При оснащении системой ADAS уровня 2 и выше, система может сигнализировать остальным участникам дорожного движения об опасности посредством включения аварийных сигналов. При оснащении системой ADAS уровня 3 и выше, система может применить экстренное торможение.

В силу индивидуальности параметров состояния организма для каждого человека, программа может быть улучшена следующими способами:

- 1) Добавление алгоритмов искусственного интеллекта, который будет настраивать порог коэффициента безопасности, подстраиваясь под параметры конкретного пользователя.

- 2) Считывание данных не только с переносимого устройства, но и с камер (при наличии таковых) в салоне автомобиля для повышения точности результатов.

Таким образом, внедрение умных браслетов в систему мониторинга водителя за рулем может существенно снизить аварийность и повысить безопасность на дорогах общего пользования. Внедрение данной системы в практическое применение технически возможно. Данная система имеет высокий потенциал для будущего развития.

Источники

1. Robert Khizbullin, Radik Khizbullin, Valerii Galiakhmetov /Instrument implementation of an automated complex for recording physiological parameters of drivers. E3S Web of Conferences 157, КТТИ-2019, 01005 (2020) Федотова Ирина Викторовна, Некрасова Марина Михайловна, Рунова Екатерина Владимировна, Бахчина Анастасия Владимировна, Аширова Светлана Александровна, Кожевников Валерий Валерьевич, Шишалов Иван Сергеевич, Парин Сергей Борисович, Полевая Софья Александровна Телекоммуникационные технологии для мониторинга функционального состояния у водителей в процессе работы // Acta Biomedica Scientifica. 2013. №3-1 (91).
2. Булыгин Александр Олегович, Кашевник Алексей Михайлович Анализ современных исследований в области детектирования утомления водителя в кабине транспортного средства // Системы анализа и обработки данных. 2021. №3 (83).
3. Лашков И.Б. Определение опасных состояний водителя транспортного средства на основе информации устройств носимой электроники // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2021. №4.

УДК 004.946

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АУДИОВИЗУАЛЬНОГО КОНТАКТА С СИСТЕМАХ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Чернышов Денис Сергеевич¹, Тверская Софья Юрьевна²,
Алимурадов Алан Казанферович³, Тычкова Анна Николаевна⁴
^{1,2,3,4} ФГБОУ ВО «ПГУ», г. Пенза

¹deniska_1980_13@mail.ru, ²tverskaya_sofya@mail.ru, ³alansapfir@yandex.ru,
⁴tychkova-anna@mail.ru

В данной статье предложен системный подход исследования аудио-визуального контакта с системах виртуальной реальности. разработка системного подхода применения технологии виртуальной реальность путем аудиовизуального контакта для развития когнитивных навыков в среде виртуальной реальности будет способствовать изменению деструктивной модели познания и поведения, а также обеспечит функционирование виртуальной реальности в сценах и стимулах, вызывающих неспецифические изменения сигнальных паттернов.

Ключевые слова: виртуальная реальность, психические расстройства.

A SYSTEMATIC APPROACH TO THE STUDY OF AUDIOVISUAL CONTACT WITH VIRTUAL REALITY SYSTEMS

Chernyshov Denis S.¹, Tverskaya Sofia Yu.², Alimuradov Alan K.³, Tychkova Anna N.⁴

^{1,2,3,4} Penza State University, Penza

¹deniska_1980_13@mail.ru, ²tverskaya_sofya@mail.ru, ³alansapfir@yandex.ru,

⁴tychkova-anna@mail.ru

This article proposes a systematic approach to the study of audio-visual contact with virtual reality systems. The development of a systematic approach to the use of virtual reality technology through audiovisual contact for the development of cognitive skills in a virtual reality environment will contribute to changing the destructive model of cognition and behavior, and will also ensure the functioning of virtual reality in scenes and stimuli that cause nonspecific changes in signal patterns.

Keywords: virtual reality, mental disorders.

В данной статье предложен системный подход исследования аудиовизуального контакта с системами виртуальной реальности. Изучение системного подхода в исследовании аудиовизуального контакта в виртуальной реальности представляет собой актуальную проблематику в контексте быстрого развития информационных технологий и увеличения роли виртуальной реальности в различных сферах жизни. Это направление исследования имеет решающее значение для таких областей, как образование, медицина, индустрия развлечений, и многие другие [1]. Совершенствование технологий виртуальной реальности требует обоснованного системного подхода, для определения влияния аудиовизуального контакта на восприятие и реакцию человека в виртуальной среде. Понимание этого взаимодействия откроет новые возможности для разработки более эффективных и адаптированных виртуальных сред. Данный подход также необходим для разработки средств адаптивной аудиовизуальной обратной связи, что может быть важно для решения проблем восприятия, коммуникации и межличностного взаимодействия, включая и людей с особыми потребностями. Аудио-визуальный контакт представляет собой структурированный процесс, включающий использование виртуальной реальности и аудио воздействия для достижения целей в области физического, эмоционального и когнитивного развития человека [2]. Реализация системного подхода может быть поощрена путем погружения пользователя в виртуальную среду с параллельной регистрацией электрической активности головного мозга

(ЭАГМ), регистрацией речевой функции до/после исследования виртуальной реальностью, аудио воздействие и экспериментальное тестирование испытуемых. В рамках реализации системного подхода, при погружении испытуемых в виртуальную среду с параллельной регистрацией ЭАГМ пользователям на голову надевается электродная шапочка для многоканальной регистрации ЭАГМ или нейроинтерфейс с сухими электродами. На голову испытуемого также надевается шлем виртуальной реальности с помощью которого, пользователь погружается в различные сцены, в которых можно гулять, взаимодействовать с объектами и животными. Регистрация речевой функции у испытуемых должна проводиться в 2 этапа с интервалом от 5 до 10 минут – до и после погружения в среду виртуальной реальности. Продолжительность записи одного исследования должна составлять: для первого этапа не более 15 минут, для второго этапа не более 5 минут. Регистрация речевых сигналов может осуществляться с помощью двух микрофонов миниатюрной двухканальной беспроводной микрофонной системы: один прикреплен на груди у исследуемого диктора, второй на груди у диктора интервьюера на расстоянии не более 15 см ото рта. Запись осуществлялась с помощью цифрового диктофона высокого качества. Аудио воздействие с параллельной регистрацией ЭАГМ необходимо проводить в период индивидуальной работы психологов с испытуемыми. В рамках исследования должна осуществляться регистрация параметров ЭАГМ в покое, без музыки, во время выполнения теста Люшера. Характеристика цветов (по тесту Люшера): синий цвет символизирует спокойствие и удовлетворение; сине-зеленый цвет ассоциируется с чувством уверенности, настойчивости и иногда упрямства; оранжево-красный цвет символизирует силу воли, агрессивность, наступательные тенденции и возбуждение; светло-желтый цвет связан с активностью, стремлением к общению, экспансивностью и радостью; фиолетовый, коричневый, черный и нейтральный цвета отражают негативные тенденции, такие как тревожность, стресс, страх и огорчение. После тестирования должна выполняться работа с психологом, где испытуемый рисует разные фигуры на листе бумаги. Во время начала выполнения данного задания включается фоновая музыка. В рамках проведения исследований предложен Моцарт «Tema con variazioni»/ Данная композиция характеризуется веселой тональностью и широким частным спектральным диапазоном. В рамках аудиовизуального контакта проверяется реакция и адаптация испытуемого на различные когнитивные стимулы. Регистрация ЭАГМ во время исследования позволит объективно оценить активность головного мозга и

отдельных его полушарий в период выполнения когнитивных функций. Результатом исследования станет разработка системного подхода применения технологии виртуальной реальности путем аудио-визуального контакта для развития когнитивных навыков в среде виртуальной реальности, способствующей изменять модели познания и поведения, а также обеспечивающей функционирование виртуальной реальности в сценах, вызывающих неспецифические изменения сигнальных паттернов.

Источники

1. Богомолова М.М., Камчатников А.Г., Чемов В.В., Чупров А.С. Особенности воздействия виртуальной реальности на лиц разного возраста Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры // 2023. Т. 100. № 3-2. С. 47-48.

2. Чернышов Д.С., Тверская С.Ю., Тычков А.Ю. Применение нейроинтерфейса muse при аудиовизуальном воздействии на человека // Инжиниринг и технологии. 2023. Т. 8. № 2. С. 6-10.

УДК 004.946

ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ И НЕСТАНДАРТНЫЕ ТИПЫ МЫШЛЕНИЯ

Золотарев Руслан Валерьевич ¹, Чернышов Денис Сергеевич ²,
Тычков Александр Юрьевич ³, Алимуратов Алан Казанферович ⁴

^{1,2,3,4} ФГБОУ ВО «ПГУ», г. Пенза

¹leshiy021178@gmail.com, ²deniska_1980_13@mail.ru, ³tychkov-a@mail.ru,

⁴alansapfir@yandex.ru

В работе описывается важность развития образовательных программ виртуальной реальности для тренировки когнитивных и профессиональных навыков, а также улучшения психоэмоционального состояния. Такие программы позволят повысить уровень внимания, снизить стресс и риск развития тревожных расстройств и депрессии. Коллектив авторов подчеркивает потенциал виртуальной реальности в развитии нестандартных типов мышления и улучшении психического здоровья.

Ключевые слова: виртуальная реальность, типы мышления, латеральное мышление, когнитивная гибкость, внимательность.

VIRTUAL REALITY AND NON-STANDARD TYPES OF THINKING

Zolotarev Ruslan V.¹, Chernyshov Denis S.², Tychkov Alexander Yu.³, Alimuradov Alan K.⁴

^{1,2,3,4} Penza State University, Penza

¹leshiy021178@gmail.com, ²deniska_1980_13@mail.ru, ³tychkov-a@mail.ru,

⁴alansapfir@yandex.ru

The paper describes the importance of developing virtual reality educational programs for training cognitive and professional skills, as well as improving psycho-emotional state. Such programs will increase the level of attention, reduce stress and the risk of developing anxiety disorders and depression. The team of authors emphasizes the potential of virtual reality in developing non-standard types of thinking and improving mental health.

Keywords: virtual reality, types of thinking, lateral thinking, cognitive flexibility, mindfulness.

В последнее время виртуальная реальность (ВР) приобретает большую популярность и начинает активно развиваться в таких направлениях как симуляторы рабочих процессов при подготовке специалистов высшей квалификации в медицине. Данное направление является перспективным, наравне с игровыми решениями, что безусловно следует использовать для развития у людей нестандартных типов мышления, которые не только помогут людям справляться с рутинными проблемами, но и находить новые, нестандартные и уникальные решения повседневных задач. В свою очередь, данные решения, будут им помогать активнее справляться со стрессами, и не допускать развития тревожно-фобических расстройств, причиной которых, в большинстве случаев, является затяжной или хронический стресс. Вследствие невозможности найти решение проблемных ситуаций возникают психоэмоциональные перегрузки, приводящие сначала к развитию тревожно-фобических расстройств. Связь психоэмоциональных перегрузок на рабочем месте с тревожными-фобическими расстройствами и депрессией подтверждена многими исследованиями [1]. Многие исследователи синдрома эмоционального выгорания (СЭВ), ставят своей целью обеспечить безопасные и здоровые условия труда для всех работников, независимо от задач, вида работы или социального положения. Однако следует обратить внимание на такие инструменты, как экспозиционная медицина и образовательные игровые методики, которые способствуют улучшению психоэмоционального состояния, которые снижают риски появления СЭВ [2]. Результаты проведенных исследований различными группами

свидетельствуют о том, что программы когнитивной реабилитации, основанные на использовании виртуальной реальности, эффективно учат пациентов и позволяют им тренировать память с помощью различных задач, таких как приготовление кофе на виртуальной кухне, управление банкоматом для доступа к счетам или покупки товаров в виртуальном магазине. Такой подход хорошо принимается пациентами и демонстрирует улучшение когнитивных функций, зависящих от работы лобных долей. Это обучение с использованием виртуальной реальности способствует улучшению рабочей памяти и повышению когнитивной гибкости, навыков переключения и избирательного внимания, что в свою очередь приводит к улучшению поведенческих результатов у пациентов. Также было доказано, что обучение в виртуальной реальности играет важную роль в запуске нейрональных механизмов восстановления, включая нейропластичность и нейрогенез гиппокампа. Кроме того, использование иммерсивной виртуальной реальности также способствует улучшению социального, психологического и эмоционального здоровья пациентов, поскольку позволяет сочетать обогащение опыта с физическими упражнениями. Согласно [3], использование VR, позволит качественно улучшить существующие программы обучения сотрудников, методик повышения квалификации, за счёт гибкости инструмента, и поможет стимулировать формирование необходимых для улучшения психического и эмоционального здоровья, и таких типов мышлений как латеральное и синтетическое. Оба этих мышлений, имеют схожие свойства, и направлены на то, чтоб искать как нестандартные решения в проблемных ситуациях, так и создавать новые, улучшать существующие. Человек, обладающий латеральным мышлением, как правило меньше подвержен негативному влиянию внешней среды, поскольку рассматривает его не как угнетатель, но как доступный ему инструмент, который он может использовать в своих целях, и (или) устранить проблемную ситуацию в короткие сроки, в то время как синтетическое мышление, позволяет использовать все доступные ему ресурсы, в разрешении проблемных ситуаций.

Таким образом, люди, умеющие использовать доступные им ресурсы, для поиска и создания новых решений, для разрешения возникающих или существующих проблемных ситуаций, не испытывают психоэмоциональной нагрузки, или перегрузки, поскольку минимизируют или полностью исключают воздействие внешней среды, на себя, тем самым оставаясь в стабильном психоэмоциональном состоянии. Такие люди, как правило меньше подвержены стрессам, более спокойны в

бытовых трудных ситуациях, и нацелены на разрешение проблем, путем устранения причин третьего уровня (по дереву проблем), чем на устранение следствий, что безусловно снижает нагрузку, при возникновении стрессовых ситуаций, на нервную систему человека. Технология образовательных программ ВР, строится на том, что человека погружают в среду, с созданной проблемной ситуацией, в реальной жизни способной ввести человека в состояние сильного дистресса (негативный стресс).

Источники

1. Kaushik A, Ravikiran SR, Suprasanna K, Nayak MG, Baliga K, Acharya SD. Depression, anxiety, stress and workplace stressors among nurses in tertiary health care settings // *Indian J Occup Environ Med.* 2021. №25(1). pp. 27- 32.
2. Tychkov A.Y., Chernyshov D.S., Bofanova N.S., Ovchinnikov D.L., Sotnikov A.M. Virtual Reality Implementation for Assessment and Treatment of Phobic Anxiety Disorders // *Conference Proceedings - 5th Scientific School Dynamics of Complex Networks and their Applications*, 2021. pp. 202–205.
3. Maggio MG, De Luca R, Molonia F. Cognitive rehabilitation in patients with traumatic brain injury: A narrative review on the emerging use of virtual reality // *J Clin Neurosci.* 2019. №61. pp. 1-4.

УДК 534.784

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИССЛЕДОВАНИЯ УМСТВЕННОЙ ОТСТАЛОСТИ

Тычкова Анна Николаевна
ФГБОУ ВО «ПГУ», г. Пенза
tychkova-anna@mail.ru

В статье проведен краткий анализ актуальности изучения умственной отсталости, представлен укрупненный процессный подход исследования, а также приведены инструментальные методы и средства диагностики умственной отсталости, среди которых исследование речевой функции посредством цифровой обработки речевых сигналов отмечается наиболее простым, понятным, доступным, и в результате применения новых методов и алгоритмов обработки, дополнительно информативным методом оценки.

Ключевые слова: умственная отсталость, инструментальные методы и средства, цифровая обработка, речевой сигнал.

INSTRUMENTAL METHODS AND TOOLS FOR RESEARCHING MENTAL RETARDATION

Tychkova Anna N.
PSU, Penza
tychkova-anna@mail.ru

The article provides a brief analysis of the relevance of studying mental retardation, provides an enlarged process approach to research, and also details instrumental methods and tools for studying mental retardation, among which the study of speech function through digital processing of speech signals is noted to be the most promising.

Keywords: mental retardation, instrumental methods and means, digital processing, speech signal.

Исследование умственной отсталости (УО) имеет свою принципиальную важность для организации социально-нравственных и лечебно-психологических решений. УО представляет собой длительное и часто непреодолимое органическое поражение центральной нервной системы, которое влияет на когнитивные способности, адаптивные навыки, социальное взаимодействие и обучаемость человека [1].

Известно, что УО подразделяется на четыре степени поражения: легкая, умеренная, тяжелая и глубокая. В условиях реабилитации пациентов необходимо четко осуществлять поиск новых информативных признаков у людей с УО с целью контроля за динамикой течения заболевания в условиях различных внешних факторов воздействия.

В рамках данной статьи особое внимание уделено методам и средствам инструментальной диагностики УО.

Инструментальные методы и средства включают в себя различные нейropsихологическое, программно-аппаратное и инвазивные исследования признаков УО. Среди многообразия различных методов и средств исследования УО (рис. 1) следует выделить бесконтактные и непринужденные решения, основанные на результатах оценки речевой функции человека (рис. 2). Среди которых, наиболее информативным является цифровой подход обработки речевых сигналов [2]. Из литературы в России и за рубежом собраны различные методы регистрации состояний. В результате которого сделан вывод, что речь является более простым, понятным, доступным, и в результате применения новых методов и алгоритмов обработки, дополнительно информативным методом оценки.

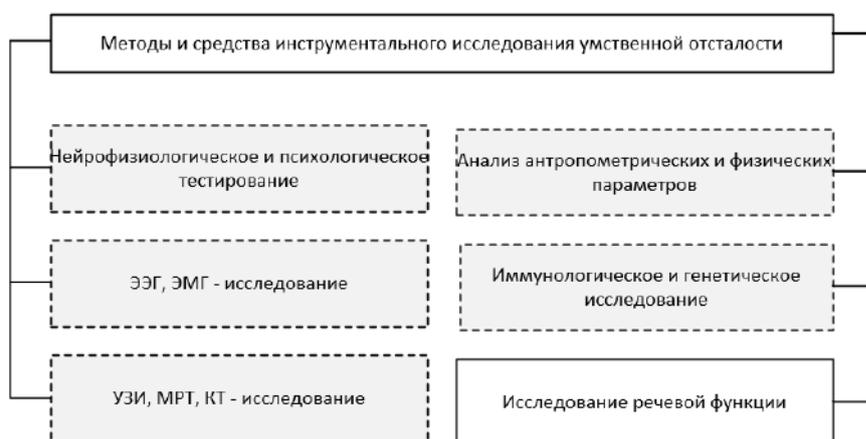


Рис. 1. Методы и средств исследования УО

В качестве источника информации предлагается использовать речевой сигнал и результаты его цифровой обработки, который может быть записан у пациентов 1-3 степени УО. Методы цифровой обработки речевых сигналов предоставляют ряд преимуществ в сравнении с другими инструментальными методами исследования. Цифровая обработка речевых сигналов позволит проводить объективный анализ, исключая субъективные оценки. Это способствует стандартизации процесса исследования, что может улучшить достоверность результатов определения пороговых значений степени УО. Предлагаемый подход позволит выявлять детальные характеристики в речи, такие как изменения тона, темпа, интонации, детали произношения, ритмические особенности, грамматические ошибки и другие индикаторы УО [3]. Использование методов и средств цифровой обработки речевых сигналов совместно с другими инструментальными методами и средствами исследования УО позволит повысить точность диагностики, оперативность мониторинга и эффективность реабилитации пациентов.

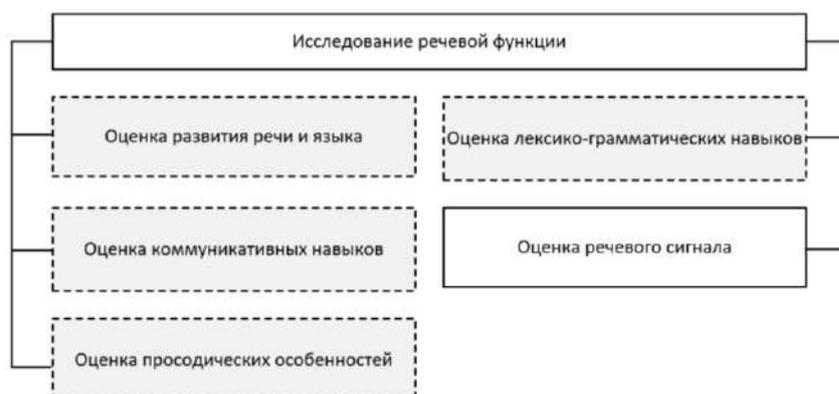


Рис. 2. Методы исследования речевой функции у людей с признаками УО

Источники

1. Макаров И.В. Умственная отсталость у детей и подростков Клинические рекомендации (протокол лечения) // ФГБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский психоневрологический институт им. В.М. Бехтерева» Минздрава России. - 2016. 30 с.
2. Алимуратов А.К., Чураков П.П. Обзор и классификация методов обработки речевых сигналов в системах распознавания речи / // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. - 2015. - № 2 (12). - С. 27-35.
3. Фролова О.В. Акустические характеристики речи детей с лёгкой и умеренной умственной отсталостью // Сборник Трудов XXXIV сессии Российского акустического общества. - Москва, - 2022. - С. 119-126.

УДК 534.2:614.8

ВЛИЯНИЕ НИЗКОЧАСТОТНЫХ КОЛЕБАНИЙ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Тюгелев Эдгар Николаевич ¹, Уткин Ленар Олегович ²
Науч. рук. д-р техн. наук, доцент Хизбуллин Роберт Накибович
^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
¹tugelev22@mail.ru, ²lenar_1101@mail.ru

В статье рассмотрены вопросы о том, как низкочастотные колебания влияют на организм человека и к каким заболеваниям он может привести. Представлены последствия влияния инфразвука, а также предложены профилактические меры.

Ключевые слова: низкочастотные колебания, организм человека, заболевания, последствия, профилактические меры.

THE EFFECT OF LOW-FREQUENCY VIBRATIONS ON THE HUMAN BODY

Tyugelev Edgar N. ¹, Utkin Lenar O. ²
Scientific advisor Khizbullin Robert N.
^{1,2} KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
¹tugelev22@mail.ru, ²lenar_1101@mail.ru

The article discusses the issues of how low-frequency vibrations affect the human body and what diseases it can lead to. The consequences of the influence of infrasound are presented, as well as preventive measures are proposed.

Keywords: low-frequency oscillations, human body, diseases, consequences, preventive measures.

Источники инфразвука могут быть природного и техногенного происхождения. В природных условиях это связано с геофизическими явлениями, такими как штормы, торнадо, морской прибой, движение воздуха над горами, полярные сияния, сейсмические явления и падение метеоритов.

Техногенные источники включают в себя тяжёлое оборудование, ветрогенераторы, поршневые компрессоры, водосливные плотины, вентиляторы, турбины, сабвуферы, электродуговые печи, реактивные двигатели и судовые двигатели. Инфразвук также может быть вызван активностью человека, например, ветровыми потоками между зданиями и физической активностью, такой как ходьба и бег.

Инфразвуковые колебания имеют различное воздействие на человека [1]. Слабые звуки инфразвука могут вызвать ощущение морской болезни из-за их воздействия на внутреннее ухо. Сильные инфразвуковые колебания могут вызвать вибрацию органов человека и нарушение их функций. Часто инфразвук создает у человека чувство глубокой подавленности и страха, хотя это ощущение не всегда объяснимо.

Вредное воздействие инфразвука на здоровье работников может приводить к различным патологическим проявлениям. Инфразвук вызывает резонансные явления в организме человека, особенно в интервале частоты от 5 до 7 Гц [2]. Это может приводить к неприятным ощущениям в различных органах и системах организма, таким как желудок, сердце, печень, легкие, мочевой пузырь, прямая кишка и носоглотка.

Наиболее опасный инфразвук тот, у которого частота 7 Гц, так как он совпадает с ритмом биотоков мозга. Инфразвуковое воздействие может вызывать тошноту, головные боли, ощущение сотрясения грудной клетки и брюшной полости, давление в ухе, а также снижать концентрацию внимания и скорость выполнения простых задач [3].

Это может также приводить к внутренним расстройствам органов пищеварения и мозга, вызывая обмороки, общую слабость и другие симптомы. Инфразвук оказывает вредное воздействие практически на все системы организма. При этом выраженность изменений зависит от уровня, частоты и длительности воздействия.

Инфразвук с уровнем 90 дБ считается допустимым для окружающей среды, так как он не вызывает значительных изменений физиологических

показателей. Однако, при воздействии инфразвука с уровнем 105 дБ отмечаются психофизиологические реакции в форме повышенной тревожности и эмоциональной неустойчивости.

Сердечно-сосудистая система также может быть подвержена негативному воздействию инфразвука, вызывая кровоизлияния и отеки головного мозга, а при очень высоких уровнях даже кровоизлияние в легкие. На слуховую функцию инфразвук оказывает патологическое воздействие на звукопроводящую систему, вызывая чувство давления и вибрации в ухе.

Для снижения вредного воздействия инфразвука могут применяться различные меры. В источнике образования инфразвука необходимо изменять режим работы технологического оборудования, увеличивая его быстроходность. Также важно снижать интенсивность аэродинамических процессов, ограничивая скорости движения транспорта и снижая скорости истекания жидкостей [4]. Для борьбы с воздействием инфразвука на путях его распространения могут использоваться глушители интерференционного типа и поглотители резонансного типа, такие как панели и кожухи. Работники, которые находятся под воздействием инфразвука, должны обязательно проходить регулярные медицинские осмотры, а также использовать лечебные и профилактические процедуры, применяемые для работников, подверженных шуму и вибрации.

Источники

1. Корепанова, А. С. Электромагнитное излучение, его воздействие на человека. А. С. Корепанова. — Молодой ученый. — 2017. С. 7-10.
2. А.Н. Кузнецов Биофизика электромагнитных воздействий.- М.: Энергоатомиздат, 1994-206 с.
3. Неганов В. А. Особенности воздействия электромагнитных волн КВЧ диапазона на биологические объекты: Основные направления научных исследований и тенденции и в разработке КВЧ аппаратуры // Вестн. новых мед. технологий 1994 - Т.1, №2.- С. 13-18.
4. Оптико-электронные приборы и биодозиметрический контроль в медицине: монография / А.И. Ларюшин, Р.Н. Хизбуллин. - Казань: Казан. гос. энерг.ун-т, 2018. - 248 с.

СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ И ПОВЕДЕНИЯ ВОДИТЕЛЯ

Семенова Снежана Андреевна¹, Хайруллина Альфина Марсовна²

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Хизбуллин Роберт Накибович

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹snezhana.semenova-2003@mail.ru, ²alfinochka.marsovna17@mail.ru

В данной статье приведены преимущества использования систем мониторинга состояния водителя. Представлены функции данных контролируемых систем, а также рассмотрены некоторые популярные виды используемых в современном мире систем. Отражены основные принципы действия устройств и задачи их использования.

Ключевые слова: система мониторинга, контроль, безопасность, автомобиль, водитель, отслеживание.

DRIVER STATUS AND BEHAVIOR MONITORING SYSTEMS

Semenova Snezhana A.¹, Khairullina Alfina M.²

Scientific advisor Khizbullin Robert N.

^{1,2}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹snezhana.semenova-2003@mail.ru, ²alfinochka.marsovna17@mail.ru

This article presents the advantages of using driver status monitoring systems. The functions of these control systems are presented, as well as some popular types of systems used in the modern world are considered. The basic principles of operation of the devices and the tasks of their use are reflected.

Keywords: monitoring system, control, security, car, driver, tracking.

Сегодня практически все дорожно-транспортные средства оснащены специальными устройствами, благодаря которым мы с лёгкостью можем определить их местоположение. Современные технологии позволяют выявить координаты любого движущегося грузовика или автомобиля. Однако стоит отметить, что более 80 % дорожно-транспортных происшествий происходит по вине человека: невнимательность водителя, нетрезвое состояние, усталость и рассеянность. Действительно, ещё в 1970 году в США в университете Блумингтон было проведено исследование, в рамках которого изучались места и причины аварий на дорогах. Результаты удивили: 90-93 % ДТП произошло по таким вероятным причинам, как усталость и невнимательность водителя. С того времени

мир менялся, проводились другие исследования, транспортные средства периодически оснащались различными элементами, обеспечивающими безопасность водителя (ремни, подушки безопасности, мобильные средства коммуникации), однако главной причиной аварий на дорогах всё же оставался человеческий фактор [1].

Именно поэтому современные производители транспортных средств ставят перед собой задачу оснащения транспортного средства системой, контролирующей состояние водителя и предупреждающей потенциальную аварию. Данные системы способны выявить отклонение состояния водителя от нормы, передать необходимую информацию в специализированный диспетчерский центр, дабы предотвратить возможную аварийную ситуацию [2]. Данная тема актуальна, так как дорожно-транспортный травматизм на данный момент является острой социально-экономической проблемой. Обеспечение безопасности на дорогах – одна из главных стратегий направления деятельности современных производителей транспорта. Системы мониторинга состояния водителя решают следующие задачи: 1) повышение уровня внимания водителя в критических ситуациях; 2) предупреждение и предостережение водителя о потенциальной аварийной ситуации; 3) контроль диспетчеров за состоянием водителя; 4) анализ и систематизация данных о вождении.

Цель статьи: изучить функционал систем контроля состояния водителя и рассмотреть некоторые популярные системы. Задачами данной работы являются: изучение необходимой литературы по данной теме; выявление основных задач систем контроля состояния водителя; изучение популярных систем мониторинга и анализ их применения.

Средства мониторинга состояния и поведения водителя выполняют фиксацию следующих данных: идентификация водителя; обнаружение лица водителя; обнаружение признаков сонливости и снижения работоспособности; видеозапись движения транспортного средства; оповещение водителя о происходящих событиях; передача информации в облачный сервис и т.д. Также национальный стандарт Российской Федерации по контролю состояния и поведения водителя рассматривает устройства, которые обеспечивают мониторинг работоспособности человека на основании систематизации и анализа сигналов по электродермальной активности (ЭДА) водителя и рациональности его действий. Звуковая и видео-индикация также предоставляет водителю информацию по разным промежуткам времени. Электродермальная активность – это изменяющиеся электрические свойства кожи, которые контролируются симпатической нервной системой. Для анализа работоспособности водителя используются такие параметры

электродермальной активности, как частота, амплитуда, время нарастания, позволяющие определить фазу перехода человека в неработоспособное состояние [3].

Рассмотрим систему СПРВ. Эта система предназначена для непрерывного мониторинга за состоянием водителя, а также для исключения факторов, позволяющих водителю перейти в состояние «дремоты» или невнимательности. В состав данной системы входят две антенны, кнопка обратной связи, стационарный блок и носимая часть. Основные функции системы СПРВ: наблюдение за морганием водителями и анализ направления взгляда; предоставление водителю информации о текущем физическом состоянии; предупреждение водителя о потенциальной аварийной ситуации; использование внешних световых сигналов для оповещения других водителей. Также данная система проводит анализ электродермальной активности на запястье (например, перед тем, как задремать, в организме человека падает уровень электродермальной активности); работает по принципу биологической обратной связи (водителю в определённые периоды времени необходимо ответить на запрос системы, которая зафиксировала снижение работоспособности) [4].

Также популярной отечественной разработкой является устройство компании «КСОР Групп» – Антисон. Данная система работает за счёт трёх технологий: искусственного интеллекта, интернета вещей и граничных вычислений. Принцип работы заключается в следующем: на водителя направлена ИК-видеокамера с широкой зоной покрытия, информацию обрабатывает вычислительный модуль с функцией сбора и анализа информации на основе нейросети [5].

Таким образом, системы контроля состояния водителя – неотъемлемый инструмент обеспечения безопасности на дорогах, так как большинство дорожно-транспортных происшествий происходит в результате человеческого фактора.

Источники

1. Самофалов, И. В., Нефедьев А. И. Интеллектуальная система контроля психоэмоционального состояния водителя автотранспортного средства // Энерго- и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. 2020. № 2. С. 46–49.

2. Дементенко В. В., Макаев Д. В., Иванов И. И., Юров А. П. Контроль состояния водителя как составная часть системы мониторинга транспорта/ Дементенко В. В., Макаев Д. В., Иванов И. И., Юров А. П. [Электронный ресурс] // Нейроком : [электронный ресурс]. – Режим

доступа:<https://neurocom.ru/upload/iblock/bf3/4ob5w355paweb4drilhjweb0xau3x5bn.pdf> (дата обращения: 01.03.2024).

3. Герус С. В., Дементиенко В. В., Шахнарович В. М. Система мониторинга состояния водителя и безопасность на автомобильном транспорте // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. 2009. № 8. С. 46–52.

4. Система СПРВ–МТ «ВИГИТОН®» / [Электронный ресурс] // Нейроком : [сайт]. — URL: <https://neurocom.ru/products/ukb/sprv-mt-vigiton/> (дата обращения: 29.02.2024).

5. Технологичные продукты на основе компьютерного зрения и искусственного интеллекта / [Электронный ресурс] // Антисон. КСОР-групп : [сайт]. — URL: <https://xor-group.ru/?amp&> (дата обращения: 02.03.2024).

СОДЕРЖАНИЕ

НАПРАВЛЕНИЕ: ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

СЕКЦИЯ 1. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ, НАДЕЖНОСТЬ, ДИАГНОСТИКА

Абдуллаев А.А., Кобиров М.Х. Анализ силовых трансформаторов в эксплуатации	3
Бабаев Р.С., Коростелев Я.Е. О проблеме использования ОПН для защиты кабельных линий в сетях с изолированной нейтралью.	6
Гараев Р.И., Гимадов Д.Р., Хамзин Д.Р. Способы симметрирования напряжения в сетях 0,4 кВ.	9
Гилязов С.Р. Влияние насыщения магнитопроводов силовых трансформаторов на параметры электроэнергии потребителей.	12
Гиматдинов Р.Р. Внедрение искусственного интеллекта и цифровых двойников в энергетическом секторе промышленности . .	15
Горячев К.И., Куракина О.Е. Внедрение искусственного интеллекта в энергетические сети: путь к эффективному управлению энергоснабжением.	18
Горячев К.И., Куракина О.Е. Моделирование поперечной компенсации реактивной мощности с использованием конденсаторных батарей дальних линий электропередач в среде MATLAB Simulink	21
Зиангиров А.Ф. Применение микропроцессорного счетчика в релейной защите сетей 0,4 кВ	24
Ибрагимова З.Р. Преимущества и недостатки полимерных изоляторов	27
Карташова Е.Э. Роль энергосетевых компаний Кемеровской области — Кузбасса в обеспечение энергобезопасности региона	30
Картузов П.Н., Валиуллина Д.М. Технология ценозависимого снижения потребления	33
Кустов Р.Ю., Куракина О.Е. Влияние гармоник на электрическое оборудование и системы электропитания	36
Лонзингер П.В. Имитационное моделирование электрического поля в стеклянной детали изолятора ПС-70Е при наличии газовых включений.	40

Ньетерейе Ф. Моделирование коронного разряда в воздухе при атмосферном давлении	43
Смирнова Д.И., Козлов В.К. Анализ трансформаторного масла спектральным методом.	46
Терентьев П.В., Мартюхин Д.А. Применение БПЛА как платформы IoT-устройств в электроэнергетическом комплексе РФ . .	50
Тухфатуллин И.Р. Исследование влияния неоднородностей распределительной сети на переходной сигнал с целью модернизации волнового комплекса определения мест повреждений.	53

СЕКЦИЯ 2. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

Валеев Б.А. Учет провалов и кратковременных прерываний напряжения при проектировании и эксплуатации систем электроснабжения.	56
Валиуллин С.Р., Галеева Р.У. Использование методов расчета показателя надежности SAIFI.	59
Валиуллин С.Р., Владимиров О.В. Сухие трансформаторы в электроэнергетике.	62
Воробьев Д.С. Перспективный дистанционно пассивный метод для устройств автоматического повторного включения на линии электропередач.	66
Сафиуллин А.Х. Применение высокооборотного электродвигателя в составе газоперекачивающего агрегата.	69
Бедретдинов Р.Ш., Крюков Е.В., Гусев Д.А. Повышение эффективности электроснабжения потребителей в распределительной электрической сети	72
Ибатуллин Э.Э. Оптимизация конструкции статора синхронных двигателей с постоянными магнитами.	75
Ившин И.И. Термическое старение и срок службы изоляции трансформатора.	78
Иксанов Ф.Ф. Обновленная информация о текущих подходах, проблемах и перспективах моделирования и симуляции в системах возобновляемой и устойчивой энергетики.	81
Исаков В.М., Мазитов Д.Р., Галеева Р.У. Современные методы компенсации реактивной мощности в электрических системах.	83
Кокорев А.А., Авдеенко И.С. Тепловая модель силового трансформатора 6-10/0,4 кВ.	87

Минанхузин И.И. Повышение эффективности защит дальнего резервирования в распределительных сетях электроснабжения до 1000 В.	90
Студеникин А.С., Павлов А.А., Галеева Р.У. Исследование степени защищенности воздушной линии передачи электроэнергии от ударов молнии при использовании композитных опор по сравнению с традиционными опорами.	93
Студеникин А.С., Павлов А.А., Галеева Р.У. Оптимизация эффективности и надежности воздушных линий передачи электроэнергии: использование инновационных технологий и методов.	96
Петров А.Р. Оценка надежности автоматических выключателей в литом корпусе.	99
Петрова Р.М. Анализ отказоустойчивости систем электроснабжения..	102
Сабиров А.Э. Автоматизация работы попарно работающих электродвигателей.	105
Сафонов А.Ш., Галеева Р.У. Анализ токоограничения при трехфазном коротком замыкании в кабельной линии 0,4 кВ.	108
Сурикова О.П. Энергоэффективность как способ снижения углеродного следа планеты.	111
Сурикова О.П., Долманюк Л.В. Энергоэффективность с вольтодобавочными трансформаторами.	114
Хасанов Т.А., Сафонов А.Ш. Применение выключателей с электронным расцепителем для автоматизации управления предприятием.	118
Хасанов Т.А. Сравнение конструкций проводов на опорах линий электропередач.	121
Хусаинов И.И. Расширение функциональности разъединителя с дугогасительной системой.	124
Шайдуллин Ф.Р. Преимущество использования нейронных сетей для оптимизации конструкции синхронного двигателя.	127
Юдин П.В., Чистяков С.Р., Яковкина А.В. Современные методы прогноза часа пикового потребления электроэнергии.	131

СЕКЦИЯ 3. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА И СВЕТОТЕХНИКА. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ АППАРАТЫ

Абызгильдина С.С., Коваленко Т.Д., Зиязов Г.А., Валиев А.Р. Виртуальная реальность в электроэнергетике	135
Багинский Д.В. Применение цифровых микросхем в микропроцессорной системе зажигания двигателя внутреннего сгорания автомобиля	138
Багинский Д.В. Управление углом опережения зажигания двигателя внутреннего сгорания автомобиля	141
Бондаренко М.А. Разработка импульсных стабилизаторов напряжения	143
Быков П.М. Цифровая обработка сигнала с акустического датчика для определения частичных разрядов в высоковольтном изоляторе	147
Вагапов А.И., Маслов С.Ю. Применение машинного обучения для анализа состояния изоляторов с помощью библиотеки глубокого обучения PyTorch	149
Валюк А.С., Акбулатова А.Д., Алексеев В.В., Аминова К.Р. Мониторинг энергетического оборудования подстанций	153
Гильманов Р.М. Беспроводные технологии зарядки для промышленного и бытового использования	156
Даутов З.А. Разработка модуля сопряжения по беспроводному каналу связи с использованием GSM модуля	159
Идиятуллин К.И., Латипов Р.Р., Валиуллин Р.С., Клыпин Е.Ю. Автоматизация в электроэнергетике	162
Кочеткова А.А., Шакирзянов М.А. Устройство для измерения влажности грунта в полевых условиях	165
Кузеев Д.Р., Зинатуллин А.Р., Маннанов И.Р., Липин Г.В. Обзор методов интеллектуального мониторинга воздушных линий электропередачи посредством БПЛА	168
Кузнецов А.А. Влияние электромагнитных полей на работу беспроводных устройств	171
Маврин Д.Г. Сканирующий программно-аппаратный комплекс диагностики опорных изоляторов	173
Маврин Д.Г. Современные методы диагностики опорных изоляторов (обзор)	177

Маслов С.Ю. Разработка учебного стенда на базе микроконтроллера серии STM32	180
Матвеев А.С. Автоматизация регистрации акустических сигналов разрядных процессов в изоляции	184
Павлов А.О. Расчет частотного преобразователя для управления скоростью асинхронного двигателя	186
Попов Г.С. Особенности проектирования микропроцессорных устройств для управления адресной светодиодной лентой	189
Рахмонов Ф.Ю. Разработка автономного переносного холодильника с функцией отвода теплоты	192
Романов А.С., Шакиров И.И. Принцип создания системы реального времени путём программирования процессора событий AVR микроконтроллера семейства MEGA	195
Саидгараева Р.Р. Программное управление семисегментным индикатором TM1637 через микроконтроллер STM32F103C8T6	198
Сафуанов А.Э. Применение ШИМ-контроллера в автомобильном усилителе звука	200
Тупицин К.С. Частотно-регулируемый электропривод на основе ПЛК	204
Фуонг Ч.Т. Разработка преобразователя DC-DC для солнечного бесщеточного двигателя постоянного тока для применения в реальном времени	207
Хамидуллин И.Н. Применение технологии 3D-печати для создания корпусов самодельных устройств	212
Шакирзянов М.А., Кочеткова А.А. Экспериментальная система определения технического состояния высоковольтных изоляторов на основе радиочастотного метода регистрации сигналов частичных разрядов	214
Шакиров И.И., Романов А.С. Полупроводниковые приборы на основе карбида кремния	217
Шалаумов С.С., Мурзахметов Д.И., Зулькарнаев Р.Н., Власовский В.С. Разработка искусственного интеллекта для оптимизации энергопотребления промышленных предприятий	220
Шкурпит С.Д. Расчет снабберной цепи для транзисторного ключа в составе прямоходового преобразователя	223
Щербенев Н.А., Шипиловских Н.А., Гиматдинов Р.Р., Сафин А.А., Орлов А.С. Внедрение современных производственных технологий в разработку комплекса умного дома	226
Яникаева К.Ю. Обзор возможностей спектрофотометра СФ-56	229

СЕКЦИЯ 4. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ФИЗИКИ, ХИМИИ И МАТЕМАТИКИ

Ахунов Д.Ф., Шайдуллин А.И., Семенов М.Н., Мухаметзянов А.Р., Бельгибаев Э.Р. Метод получения водорода с помощью плазменно-электролитного разряда в газожидкостной среде.	232
Гарькавый С.О., Гавриленко А.Н., Шмидт Е.В. Ядерные спины в полупроводниковых минералах.	234
Климовицкая М.А., Казанцева Д.А. Определение размеров частиц дипроксамина в масляной среде.	237
Китанин Д.С., Иванов В.В. Использование снега для температурной стабилизации при проведении ЯКР-экспериментов в стибните Sb_2S_3	241
Сафиуллин Д.А. Получение водорода из биомассы.	243
Семенов М.Н., Мухаметзянов А.Р., Ахунов Д.Ф., Шайдуллин А.И., Гайсин А.Ф. Перспективы применения солнечной энергии.	246

СЕКЦИЯ 5. ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ. ЭЛЕКТРОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ И ЗАРЯДНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

Абдуллина А.Р., Шайдуллин Р.М. Особенности проектирования систем тяговых электроприводов транспортных средств	250
Абдуллина А.Р., Шайдуллин Р.М., Таниев М.Х. Тяговые преобразователи электроэнергии в электроподвижном составе	254
Акмалов Ф.И. Повышение надежности асинхронных двигателей посредством использования программного пакета Ansys Maxwell.	258
Акмалов Ф.И., Хуснутдинов А.Н., Эргашов Ш.О. Эффективное управление нагрузкой на электросеть через многомодельное прогнозирование для зарядных станций электромобилей.	261
Антипанов А.М., Уткин Л.О. Исследование следящего позиционного электропривода с астатизмом первого порядка.	264
Антипанов А.М., Хаев И.И. Регуляторы скоростного следящего электропривода постоянного тока	268

Ахмедова Э.Р., Репин Г.И. О проблеме влияния электромобилей на экологию: преимущества и недостатки	271
Ахмедова Э.Р., Репин Г.И. О кибербезопасности в мире беспилотного транспорта	274
Ахметов Р.Р., Валиуллов Э.Ф. Разработка функциональной схемы системы поддержания заданной скорости модели электромобиля	277
Ахметов Р.Р., Габдрахманова Н.Н. Разработка блока памяти системы поддержания заданной скорости модели электромобиля	280
Бакулин К.Г. Методики применения аддитивных технологий в изготовлении и разработке деталей электрических машин	283
Булатов Ю.Н., Кижин В.В. Моделирование гибридного трансформатора для подключения зарядных станций электромобилей	286
Вахитов Х.Ф., Сафиуллин Б.И., Филина О.А. Анализ состояния и перспективы развития электробусов в России	291
Галиев Р.Р., Киснеева Л.Н., Хаткевич Д.М. Оценка качества системы стабилизации частоты синхронного генератора	294
Ешаев М.К., Вилков Д.В. метод расчета емкости аккумуляторных ячеек в мощных импульсных накопителях электроэнергии	297
Кашапов Р.И., Бесчастный В.М. Исследование следящего позиционного электропривода с астатизмом второго порядка	300
Кашапов Р.И., Бесчастный В.М. Экология в электромобилях	304
Квасова А.П., Хуснутдинов А.Н., Якубова Д.К. Развитие зарядной инфраструктуры при масштабном внедрении электромобилей	306
Кинёв Д.В. Системы управления аккумуляторной батареей электромобиля на основе трансформатора	309
Ле К.Т. Система управления асинхронным тяговым электроприводом гусеничного электротехнического комплекса с использованием искусственной нейронной сети	312
Матвеев Е.В., Антипанова И.С. Анализ типов аккумуляторных батарей электромобилей в условиях эксплуатации в республике Татарстан	315
Михайловский А.Е. Системы и методы диагностики железнодорожного транспорта	318

Ндикурийо О. Оптимизация системы защиты ограничителя перенапряжения	321
Репин Г.И., Ахмедова Э.Р. Электромобили, использующие солнечную энергию	324
Сафиуллин Б.И., Антипанова И.С., Вахитов Х.Ф., Аухадеев А.Э. Применение в лабораторных стендах наземных беспилотных систем платформы Jetson Nano	327
Сафиуллин Б.И., Аухадеев А.Э., Тюгелев Э.Н., Стародубец А.А. Разработка системы анализа качества электроэнергии в системе диагностики зарядных станций переменного тока для электромобилей	330
Севастьянов Е.С. Особенности эксплуатации электромобиля на примере Volkswagen ID.4 Crozz Pure Plus в г.Казань	333
Снежинская Е.С. Значение прогнозирования срока службы литий-ионных батарей для применения в электромобилях	336
Снежинская Е.С. Оптимизация энергопотребления в железнодорожных системах	339
Стародубец А.А., Вахитов Х.Ф. Анализ существующих зарядных станций для электромобилей	342
Сунин В.А. Математическая модель преобразователя тока для зарядки электромобиля	346
Сунин В.А., Хуснутдинов А.Н., Гиясов С.М. Адаптивное управление движением электромобиля	349
Сунин В.А., Хуснутдинов А.Н., Эгомов А.М. Моделирование интеллектуальной зарядки электромобиля	352
Тюгелев Э.Н., Сафиуллин Б.И., Стародубец А.А. К вопросу о повышении эффективности работы зарядных станций для электромобилей	355
Хусаинова Л.Л. Анализ эффективности использования зарядных станций различной мощности для электромобилей	358
Черепенькин И.В., Гарифуллин Р.Р., Павлов А.Э. Метод балансировки мощности между несколькими зарядными электрическими станциями для электромобилей питающимися от одной подстанции	361
Черепенькин И.В., Гарифуллин Р.Р., Павлов А.Э. Алгоритмы ограничения мощности зарядной электрической станции для разработки системы балансировки мощности между быстрыми зарядными станциями для электромобилей	364

Чугров А.А., Петухов Н.М. Имитационное и экспериментальное изучение однофазного активного выпрямителя . 367

СЕКЦИЯ 6. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГОБЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА

Абдуллина Л.В. Использование искусственного интеллекта в умных счетчиках электроэнергии для оптимизации энергопотребления	371
Бакирова Р.Р. Использование вольтодобавочных трансформаторов в электрических сетях 0,4 кВ	374
Бакирова Р.Р. Учет электромагнитной совместимости при проектировании электрощитового оборудования	377
Бережной Я.А. Учет нормативов ГОСТов при анализе влияния конструкции светильников на расстояние между опорами освещения на автомагистралях	380
Брехов Е.В., Фетисов Л.В. Методы и основы проектирования объектов капитального строительства	383
Быков А.Е. Современные системы молниезащиты жилых зданий	386
Быков А.Е., Мухаметова А.Р., Бадертдинова Д.Р., Колесников Н.Е. Применение технологий искусственного интеллекта в электроэнергетике	389
Васильев А.В., Иванова В.Р. Об актуальности очистки фотоэлектрических модулей	392
Востриков Д.Ю., Сандаков В.Д. Анализ компонентов для автоматизированных светомузыкальных устройств	396
Галиев Р.Р, Иванова В.Р. О выборе системы охлаждения светодиодных устройств	398
Кабиров А.А. Применение биодинамического освещения в пунктах диспетчерского управления	403
Колесников Н.Е. Использование искусственного интеллекта в электроэнергетике	406
Мальцев И.С. Внедрение BIM моделирования в проекты электроснабжения	409
Маникаева В.Р. Преимущества внедрения цифровых технологий в рабочий процесс строительного-монтажной организации	412
Маникаева В.Р. Система управления заявками в электроэнергетической сфере	415

Минанхузин И.И., Сидоров А.Е. Оптимизация защиты дальнего резервирования в электrorаспределительных сетях до 1 кВ	419
Мокрополов В.Д. О принципах бережливого производства . . .	423
Николаев А.М., Фетисов Л.В. Сложившаяся проблематика показателей качества электрической энергии в распределительных сетях низкого напряжения на предприятиях непрерывного цикла . . .	426
Павлов Д.В., Сидоров А.Е. Виды инверторов, их достоинства и недостатки	430
Родионов О.В. Оптимизация электроснабжения для удаленных газораспределительных станций	433
Семин Д.И. Применение беспилотных и робототехнических платформ для обследования ЛЭП и опор под напряжением	436
Хакимова С.Б. Сравнительный анализ технико-экономической эффективности светодиодных ламп, реализуемых в торговой сети	439
Шаяхметов Б.Р., Пименов Е.И., Мухарлямов И.Р. О преимуществах внедрения технологии «искусственный интеллект» для мониторинга и обслуживания линий электропередач	443

СЕКЦИЯ 7. РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Билалов Р.Р. Влияние самозапуска мощных двигателей на систему электроснабжения.	447
Гатина Д.Р. Исследование влияния гололедных отложений на проводах воздушных линий на прохождение высокочастотных сигналов в программном комплексе WinTrakt.	450
Гиззатуллин Р.Р. Информационная модель подстанции на языке SCL.	453
Гиляздинов Р.С. Применение нейросетевых технологий для коммерческого и технического учета электроэнергии.	456
Гиляздинов Р.С. Автоматизированные системы диспетчерского управления нового поколения в электроэнергетике. . .	459
Зинатуллин А.Р. Блокировка АЧР при выбеге двигательной нагрузки с использованием синхронных векторных измерений.	462
Isoev M.S. Matlab differential phase protection simulation.	464
Исоев М.С. Моделирование дифференциально-фазной защиты в программном комплексе PSCAD.	468
Kofman G.L. Cybersecurity issues in digital substations.	471

Кузнецов Р.Р. Универсальная методика задания уставок защиты дальнего резервирования.	473
Мударисов Р.Р. Анализ погрешностей токовой защиты от ОЗЗ.	476
Мударисов Р.Р. Применение нейронных сетей для повышения эффективности защиты от ОЗЗ.	479
Радивоевич А.В. Протоколы синхронизации времени на цифровой подстанции.	482
Салихов А.Р. Релейная защита на цифровых подстанциях.	485
Селиванов П.Р. Адаптивная тепловая защита генератора	488
Ситдигов К.А. Сравнение методов контроля гололёдообразования на линиях электропередачи	491
Юдин П.В. Ретрофит релейной защиты и сигнализации на микроконтроллере в КРУ 6 кВ СПК ГЭС.	494

СЕКЦИЯ 8. ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Аксакова З.Ф., Герюгова А.А. Использование скруббера Вентури для очистки промышленных выбросов от аэрозоля.	498
Ахметова Д.Р. Комплексная безопасность в сфере строительства.	501
Барейчев Р.Т., Иванов Н.А. Методы очистки водоёмов от азотных соединений.	504
Богданова А.Н. Эффективное использование природных ресурсов для установки объектов ВИЭ-генерации.	506
Васильева А.М. Технология синтеза β -полугидрата сульфата кальция из фосфогипса	509
Володина С.Н., Мельникова Е.А. Использование нефтеловушек для очистки промышленных сточных вод	512
Гарипов К.Р., Антонов В.Д. Современные методы переработки отработавшего моторного масла	514
Алексеев В.А., Арапов А.Д., Дресвянников А.А., Миншаехов М.И. Утилизация телевизоров и мониторов.	517
Еркияшев С.А., Икононов И.В., Назирова Х.Т. Использование оборотной системы водоснабжения на автомойке.	520
Замалетдинов Р.И., Корсаков А.В. Технология очистки сточных вод гальванического производства реагентным методом.	522

Захарова А.Д., Рочева Я.О., Гайфуллина Д.И., Кохан Д.А., Трухачев Д.А., Бондаренко А.А. Техническое решение по усовершенствованию технологии очистки сточных вод от красителей на текстильном производстве.	525
Кальметов С.И., Майорова М.М., Хайруллина Д.Э., Яковенко Р.Р., Гайсан П. Утилизация твердых коммунальных отходов	528
Петрова А.В., Абзалова Д.А. Влияние нейросетей на систему управления отходами.	532
Крюков Е.В., Петухов Я.И. Оценка экологической эффективности электрических транспортных средств	534
Сулейманова А.А. Анализ загрязнения снежного покрова.	538
Гилязева А.А., Карамова А.З., Семенов В.В., Тазтдинова О.Ю., Харисова Г.Э. Техническое решение по усовершенствованию системы водоснабжения и водоотведения казанского аквапарка	540
Унгурян С.Р., Казаков Т.П., Гиниятуллин Р.Р. Экологически безопасные технологии хранения энергии.	543
Хадиева А.Р. Микропластик в водных экосистемах.	546
Хайрутдинова А.И. Технологии и методы очистки газовых выбросов от углекислого газа (CO ₂)	549
Хизбуллин А.Р. Утилизация строительных отходов в России	551
Нигаметзянова С.Н., Шишкина Е.А. Методы очистки стоков от ионов тяжелых металлов.	555
Яковкина А.В. SWOT-анализ технических предложений по снижению экоследа гидроэнергетики.	558

СЕКЦИЯ 9. БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА

Баранов Д.К., Терехин Ф.С., Демин Н.О., Тушков А.Д., Реутова Н.А. Влияние постоянного магнитного поля на организм человека.	561
Бикбова З.М., Чернов Д.В. Влияние коэффициента пульсации светильников на внимательность человека.	564
Бортновская А.А., Харисова А.Д., Ташкинов В.В., Стахеев С.А. Анализ условий труда работников сотовой связи.	567

Валюк А.С., Кузеев Д.Р. Инновационное устройство для снижения несчастных случаев в отрасли цифровой автоматизации электроэнергетики	570
Галиулина А.Р., Яруллина А.А. Дерматологические средства как средства индивидуальной защиты в энергетике	573
Гиматдинов Р.Р., Шипиловских Н.А., Щербенев Н.А. Промышленная безопасность в сфере электроэнергетики при использовании автоматизированных систем.	576
Жексенбекова А.Д. Влияние производственного шума на работоспособность на производстве.	579
Медведева А.С. Окулярный микротремор и контрастная чувствительность при когнитивном утомлении.	582
Салимгараева И.И., Гильмутдинова К.Р. Особенности обеспечения охраны труда на прессово-рамном заводе ПАО «КамАЗ».	586
Смирнова Д.И. Анализ несчастных случаев со смертельным исходом при эксплуатации электроустановок.	589
Хадиева А.Р., Сулейманова А.А. Вредные вещества на предприятии - производственные яды.	592
Хайретдинова Н.Р. Роль компьютерного зрения в безопасности труда.	595
Хуснутдинова А.Р., Метлёва Д.А. Безопасность работы проводников пассажирских вагонов в РЖД.	598
Юсупова Д.А. Обеспечение безопасности на производстве электроники.	601

СЕКЦИЯ 10. ЭНЕРГОРЕСУРСОЭФФЕКТИВНЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ И НЕФТЕГАЗОПЕРЕРАБОТКЕ

Лаптев А.Г., Ахмитшин А.А. Учет структуры потоков при расчете пластинчатых теплообменников с интенсификаторами	605
Аяши Омар Али, Лаптев А.Г., Аяши Амар Абдфахид, Аяши Амор Шаима 3Д-модель для моделирования процесса нагрева и охлаждения мишени при распылении в системе магнетронного напыления.	608
Громов А.А. Оценка ветроэнергетического потенциала Соловецкого архипелага Архангельской области.	611

Громов А.А. Использование торфяного топлива на отдаленных и труднодоступных территориях Архангельской области.	614
Зайнуллина Э.Р. Лабораторное исследование процесса десорбции сульфат- и хлорид-ионов золошлаковыми отходами.	617
Исхакова Р.Я. Энергетическая утилизация избыточного активного ила биологических очистных сооружений	620
Клочкова В.А. Математическая модель сепарации аэрозолей в цилиндрических вертикальных каналах.	623
Кузнецов А.Б. Сорбционные свойства сорбентов на основе отходов резинотехнических изделий и каменных углей марок "Д" и "ДГ"	625
Лапшова В.М., Козлова М.В. Особенности работы газоконтактной опреснительной установки	628
Шалухо А. В., Липужин И.А., Бедретдинов Р.Ш., Шувалова Ю.Н. Разработка физической модели энергоустановки с несколькими топливными элементами.	632
Яковкина А.В. Оценка эффективности альтернативных вариантов электроснабжения Агульского кордона	635

СЕКЦИЯ 11. КОНТРОЛЬ, АВТОМАТИЗАЦИЯ И ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ, ПОДСТАНЦИЙ И РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ

Ахмадеев А.А. Моделирование дефекта в виде трубки с вохдухом в высоковольтном кабеле с изоляцией из сшитого полиэтилена.....	639
Ахмадеев А.А. Моделирование дефекта в виде сферы с вохдухом в высоковольтном кабеле с изоляцией из сшитого полиэтилена.....	642
Байгутлин А.И. Дистанционное диагностирование ограничителей перенапряжения при помощи беспилотных летательных аппаратов.....	645
Гизатуллин С.Я. Системы онлайн диагностирования опорных изоляторов на подстанции.....	647
Закиров Д.Ф. Разработка и применение индикаторов для оценки состояния высоковольтных изоляторов в условиях загрязнения и увлажнения.....	650

Захаров А.В., Закиров Д.Ф. Мобильная онлайн система контроля состояния изоляции воздушных линий.....	653
Лоиков Н.М. Измерения частичных разрядов для мониторинга состояния и диагностики силовых трансформаторов....	656
Лоиков Н.М. Разработка метода частичных разрядов для диагностики изоляции силовых трансформаторов.....	659
Нгуен З.Х. Решения по улучшению качества напряжения для двигателей большой мощности в энергетических системах.....	662
Олейник Ф.Ю., Куракина О.Е. Перспективы развития распределенной генерации, включая ВИЭ в России.....	667
Юдин А.Д. Анализ состояния технических масел на предмет загрязнения посторонними частицами.....	670
Юдин А.Д. Диагностирование технического состояния силовых трансформаторов.....	673
Юдин А.Д. Изучение факторов влияющих на работоспособность силовых трансформаторов.....	676

СЕКЦИЯ 12. BIOTEХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ

Фам Тхи Х.М, Ле Ф.З. Применение инфракрасной техники для идентификации белых пятен на зубах.	679
Абдуллина А.Р., Шайдуллин Р.М., Антипанова И.С. Электромагнитные поля в жизни человека.	682
Акмалов Ф.И. Исследование уровня шума на станциях метрополитена и способы его уменьшения.	686
Габдрахманова Н.Н., Ахметов Р.Р. Анализ технического текстиля с защитными свойствами от электромагнитного излучения.	689
Ильин К.А., Хизбуллин Р.Н. Дизайн смарт руля с медико-техническими решениями в автомобилях в среднесрочной перспективе.	692
Карнаухов В.В. Разработка модели для исследования процесса передачи артериального давления от артерии к манжете в биологических тканях.	695
Карнаухов В.В. Моделирование сигнала пульсовой волны для применения в разработке тонометра повышенной точности.	698
Кашапов Р.И., Бесчастный В.М., Антипанова И.С. Влияние психоэмоциональных факторов на электропроводимость кожи и ее регистрация.	702
Лобанов Д.Е. Датчики в биотехнической системе ADAS.	704

Матвеев Е.В., Кабиров А.Р. Уменьшение потерь оптического излучения в оптоволокне применительно для медицины.	707
Махов А.А., Хизбуллин Р.Н. Анализ рынка электронных тонометров в России.	711
Миниханов Р.Р. Реографический метод диагностики физиологического состояния человека	714
Мухамедзянов Э.А., Мухаметзянов Р.Р., Токтаров И.В. Внедрение системы проверки водителя на алкогольное опьянение в систему DSM-ADAS транспортного средства	717
Мухаметзянов Р.Р., Токтаров И.В., Мухамедзянов Э.А. Применение нейронных сетей для определения усталости водителя	720
Павлов А.Э., Павлов П.П. Особенности организации алгоритма работы блока питания миниатюрного многоканального электроэнцефалографа	723
Сафиуллин Б.И., Вахитов Х.Ф., Аухадеев А.Э. Разработка малых беспроводных систем сбора данных в электромеханических комплексах и системах.	726
Снежинская Е.С. Влияние электромагнитных полей на кардиоимпланты	729
Токтаров И.В., Мухаметзянов Р.Р., Мухамедзянов Э.А. Использование умных браслетов в системе мониторинга состояния водителя за рулем.	732
Чернышов Д.С., Тверская С.Ю., Алимуратов А.К., Тычкова А.Н. Системный подход для исследования аудиовизуального контакта с системами виртуальной реальности.	735
Золотарев Р.В., Чернышов Д.С., Тычков А.Ю., Алимуратов А.К. Виртуальная реальность и нестандартные типы мышления	738
Тычкова А.Н. Инструментальные методы и средства исследования умственной отсталости.	741
Тюгелев Э.Н., Уткин Л.О. Влияние низкочастотных колебаний на организм человека.	744
Семенова С.А., Хайруллина А.М. Системы мониторинга состояния и поведения водителя.	747

Научное издание

ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ - 2024 «ЭНЕРГЕТИКА И ЦИФРОВАЯ
ТРАНСФОРМАЦИЯ»

Международная молодежная научная конференция

(Казань, 24-26 апреля 2024 г.)

Электронный сборник статей по материалам конференции

В четырех томах

Том 1

Под общей редакцией ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллазянова

Авторская редакция

Корректор *И.М. Минегалиев*

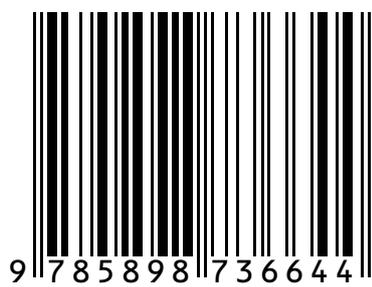
Компьютерная верстка *И.М. Минегалиев*

Дизайн обложки *Ю.Ф. Мухаметшиной*

КГЭУ

420066, Казань, Красносельская, д. 51

ISBN 978-5-89873-664-4



9 785898 736644