



ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2023 «ЭНЕРГЕТИКА И ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ»

Международная молодежная научная конференция
(Казань, 26-28 апреля 2023 г.)

Материалы конференции

В трех томах

ТОМ 1

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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

**ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2023 «ЭНЕРГЕТИКА И
ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ»**

**Международная молодежная научная конференция
(Казань, 26-28 апреля 2023 г.)**

Электронный сборник статей по материалам конференции

В трех томах

ТОМ 1

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

Казань 2023

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. Сулов;

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 – 2023 «Энергетика и цифровая
трансформация»: электронный сборник статей по материалам
конференции: [в 3 томах] / под общей редакцией ректора КГЭУ
Э. Ю. Абдуллазянова. – Казань: КГЭУ, 2023. – Т. 1. – 848 с.

ISBN 978-5-89873-633-0 (общий)

ISBN 978-5-89873-630-9 (т. 1)

В электронном сборнике представлены статьи по материалам Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения – 2023 «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 978-5-89873-633-0 (общий)

© КГЭУ, 2023

ISBN 978-5-89873-630-9 (т. 1)

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

СЕКЦИЯ 1 . ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ, НАДЕЖНОСТЬ, ДИАГНОСТИКА

УДК 621.315.668

ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕГИРОВАННОЙ СТАЛИ COR-TEN ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОПОР ЛЭП

К.А. Абдреев

Науч. рук. д-р техн. наук, доцент М.Ш. Гарифуллин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
abdreev.kirill@mail.ru

Одной из основных проблем опор ЛЭП является коррозия. Железобетонные опоры имеют хорошую коррозионную стойкость, однако имеют большой вес, и плохо выдерживают транспортировку из-за своей хрупкости. Железные опоры, более лёгкие, могут подвергаться разным видам обработки, но больше подвержены коррозии, поэтому требуют оцинковывания и периодического окрашивания. Использование аналогов стали COR-TEN с повышенной коррозионной способностью может уменьшить затраты на обслуживание опор ЛЭП и увеличить их срок службы.

Ключевые слова: COR-TEN, коррозия, патина, оцинковывание, коррозионностойкая сталь

THE PROSPECTS OF USING COR-TEN ALLOY STEEL FOR THE PRODUCTION OF POWER TRANSMISSION POLES

K.A. Abdreev

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
abdreev.kirill@mail.ru

One of the main problems of power transmission poles is corrosion. Reinforced concrete supports have good corrosion resistance, but they are heavy, and they do not withstand transportation because of their fragility. Iron supports, lighter, can be subjected to different types of processing, but are more susceptible to corrosion, therefore they require galvanizing and periodic painting. The use of analogues of COR-TEN steel with increased corrosion ability can reduce the maintenance costs of power transmission poles and increase their service life.

Keywords: COR-TEN, corrosion, patina, galvanizing, corrosion-resistant steel

При проектировании, всегда стоит выбор между материалами опор ЛЭП. Железобетонные - стойкие в отношении коррозии и химическому воздействию, однако они имеют значительный вес и высокую хрупкость. Также стоит помнить о выкрашивании бетона в поверхностном слое грунта. Железные опоры в свою очередь более легкие, чем железобетонные. Однако они сильнее подвержены коррозии, в связи с чем, их оцинковывают и периодически окрашивают. Стремление создания сплава с высокой коррозионной стойкостью и лежит в основе стали фирмы U. S. Steel.

COR-TEN steel – легированная сталь с повышенной коррозионной стойкостью. Она имеет следующий состав.

Состав стали COR-TEN

Марка	C	P	Mn	Cr	Si	Ni	Cu	V
Corten A	0,12	0,07- 0,15	0,2-0,5	0,5- 1,25	0,25- 0,75	0,65	0,25- 0,55	0
Corten B	0,19	0,035	0,8- 1,25	0,4- 0,65	0,3- 0,65	0,4	0,25- 0,4	0,02- 0,1

Основной состав аналогичен составу большинства видов сталей, отличие лишь в соотношении примесей и содержании фосфора. Медь в составе необходима для образования патины. Фосфор – не применяющийся в обычной инструментальной стали, необходим для контролируемого окисления. Хром – повышает стойкость основы металла к коррозии, не давая ржавчине проникнуть глубоко в основу металла. Остальные примеси необходимы для формирования основных свойств стали, то есть для устойчивости к любым видам деформациям, возможности применения различных видов обработки и износостойкости. [1]

Такая сталь, под воздействием внешней среды покрывается оксидным слоем, который не проникает глубже, при этом обеспечивая коррозионную стойкость металла. Достигается это благодаря определённой концентрации и распределению легирующих материалов. Образование защитного слоя происходит в среднем в течении 18-36 месяцев, при чередовании влажной и сухой среды. В условиях постоянной влажности сталь не образует защитного слоя. При недостатке влажности возможен искусственный полив металла [2, 3].

Срок службы такой стали при минимальном обслуживании может достигать 100 лет. При этом такие поверхности не требуют дополнительного оцинковывания и периодического окрашивания. Потери стали такого сплава с течением времени резко падают при истечении 4-х лет. Если в первые два года они в 2-3 раза больше чем у обычной стали, тогда при истечении 20-ти лет они в 7 раз меньше [3, 4].

Использование такой стали позволяет сохранить все преимущества железных опор, выраженные в устойчивости к деформации, хорошей обрабатываемости и меньшем весе, чем железобетонные. При этом состав, образуя оксидный слой, защищает внутренний металл от агрессивного воздействия окружающей среды. Стоит помнить и о долговечности таких опор, которые могут достигать 100 лет, притом, что железобетонные и металлические оцинкованные служат в среднем 50 лет. Это может помочь сэкономить большие средства на обслуживании и установке новых опор ЛЭП. Данная технология находит популярность в США, где уже производятся опоры ЛЭП из стали COR-TEN. Однако использование оригинальной стали COR-TEN в России будет экономически нецелесообразно в связи с её стоимостью. Несмотря на это, в России существуют её аналоги, такие как стали 14ХГНДЦ, А606. Они практически не отличаются от стали COR-TEN по составу, однако производятся отечественными компаниями, например компанией Северсталь, поэтому они имеют более низкие цены. Если, к примеру, сравнивать техническую сталь С345, которая очень часто используется как материал опор ЛЭП, со сталью 14ХГНДЦ, тогда вторая будет обходиться на 5-15% дешевле, если обе стали производились по ГОСТу 19903-2015. Это говорит, не только о технической, но и экономической целесообразности использования таких видов стали в качестве материалов опор ЛЭП [5,6].

Источники

1. COR-TEN – URL: <https://www.cor-ten.com/> (дата обращения 01.03.2023).
2. Герасимова В. О. Кортеновская сталь. Характеристики и особенности / В. О. Герасимова // Альманах мировой науки. – 2018. – № 4-2 (24). – С. 88–89. – ISSN: 2412-8597
3. COR TEN Сталь – URL: <https://steelmasters.ru/cor-ten/> (дата обращения 01.03.2023).
4. Сударева П. А. Инновационный подход к повышению коррозионной стойкости и эстетичности малых архитектурных форм / П.

А. Сударева, П. С. Крицкая, А. А. Корнеев // Дизайн и искусство - стратегия проектной культуры ххi века (диск-2019)/ ФГБОУ ВО "Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)" – Москва, 2019. – С. 238– 240.

5. Северсталь – URL: <https://severstal.com/rus/clients/products-catalog/atmosferostoykie-stali/> (дата обращения 27.03.2023).

6. Гатиятов И.З., Сабитов Л.С., Кашапов Н.Ф., Гильманшин И.Р., Киямов И.К. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ОПОР. Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2018;20(9-10):129-137.

УДК 621.315.615.22

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭКСПРЕСС-ОПРЕДЕЛИТЕЛЯ МАРКИ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА

А.А. Абдуллин¹, Д.И. Смирнова²

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, профессор В.К. Козлов

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹ abdullinamir5@mail.ru, ² smirnovad122@gmail.com

В статье рассмотрен процесс проектирования прибора по определению марки трансформаторного масла. В ходе работы спроектирован корпус прибора с применением аддитивных технологий. Внутри расположена плата микроконтроллера Arduino Uno, который производит обработку сигналов, получаемых от фотодиода. Представлены результаты разработанной программы, заключающейся в получении и обработке сигнала фотодиодом в определенный период времени.

Ключевые слова: трансформаторное масло, оптическая плотность, марка масла, программа, определитель.

DESIGNING AN EXPRESS DETERMINANT OF THE TRANSFORMER OIL BRAND

A.A. Abdullin¹, D.I. Smirnova²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

¹ abdullinamir5@mail.ru, ² smirnovad122@gmail.com

The article describes the process of designing a device to determine the brand of transformer oil. In the course of the work, the device body was designed using additive

technologies. Inside is the Arduino Uno microcontroller board, which processes the signals received from the photodiode. The results of the developed program are presented, which consists in receiving and processing a signal by a photodiode in a certain period of time.

Keywords: transformer oil, optical density, oil grade, program, determinant.

Основа эффективной работы трансформатора заключается в бесперебойной работе, надежности и долгих сроках службы. Данные критерии напрямую зависят от трансформаторного масла, применяемого в качестве охладителя, изолятора.

Принцип работы микроконтроллера заключается в том, что пучок зеленого света проходит через исследуемое масло и считывается фотодиодом, отправляя данные на платформу и обрабатывая их, с отображением на дисплее прибора. С помощью полученных данных можно определить марку масла.

Данная работа имеет два этапа реализации проекта:

Первый этап работы подразумевает проектирование и создание корпуса (Рис.1), состоящего из двух отсеков, в системе автоматизированного проектирования (САПР).

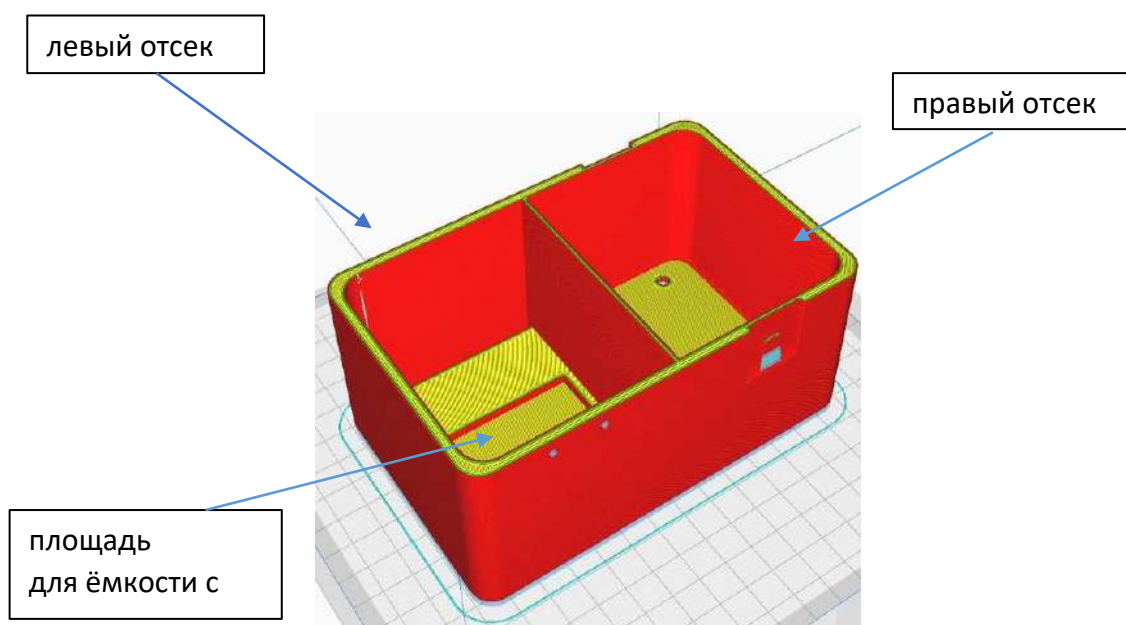


Рис. 1. Модель корпуса в САПР

В левом отсеке устанавливаются светодиод, излучающий свет длиной волны 520 нм, и фотодиод, принимающий данный свет в качестве сигнала. В правом - расположена плата Arduino Uno с отводящими контактами для светодиода и фотодиода. Корпус печатается на 3D-

принтере из черного пластика PLA+, который обладает высокой прочностью, жесткостью. Черный цвет не создает преломление лучей, исходящих из светодиода, что способствует произвести более точный анализ масла.

Второй этап работы заключается в принятии и обработке сигнала микроконтроллером. На основе платы Arduino Uno выполняются все расчётно-измерительные функции. Задачей, записанной на плате программы является определение марки трансформаторных масел (ТМ). Используя разницу оптических свойств, оптической плотности ТМ реализуется алгоритм определения марки.

В коде записан период анализа равный 100 миллисекундам. В начале работы, фотодиод, встроенный напротив испускающего сигнал светодиода, начнёт принимать сигнал длины волны. Фотодиод будет работать один период, заданный в начале программы.



Рис.2. График зависимости значений сигнала, преобразованного АЦП, от времени

За период принятия сигнала, данные будут строиться в один график, в котором по оси ОУ будут отображаться значения, преобразованные аналогово-цифровым преобразователем (АЦП) (Рис.2).

На данном этапе создания прибора, определяющего марки трансформаторных масел, авторами смоделирован корпус прибора и написан код для приема и обработки сигналов светодиода, пропускаемого сквозь ёмкость с жидкостями. Проведены эксперименты, направленные на определение зависимости показаний от влияния на них естественных преград и выявлено, что корпус черного цвета будет наиболее благоприятной средой для работы прибора [1-5].

Источники

1. Козлов, В. К. Анализ методов измерения величины молекулярного веса полимерных материалов изоляционной конструкции энергетического оборудования в процессе его эксплуатации / В. К. Козлов, В. Н. Осотов, В. А. Чернышев // Вестник Московского энергетического института. Вестник МЭИ. – 2019. – № 4. – С. 85-91. – DOI 10.24160/1993-6982-2019-4-85-91. – EDN VBVLAQ.

2. Козлов, В. К. Определение влагосодержания и ароматических соединений в трансформаторном масле спектральным методом / В. К. Козлов, О. Е. Куракина // Проблемы региональной энергетики. – 2022. – № 2(54). – С. 1-12. – DOI 10.52254/1857-0070.2022.2-54.01. – EDN IKKVBU.

3. Муратаева, Г. А. Контроль состояния трансформаторного масла методами спектроскопии в видимой и инфракрасной областях : специальность 05.11.13 "Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий" : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Муратаева Галия Амировна. – Казань, 2011. – 16 с. – EDN QHTLBZ.

4. 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.

5. Гарифуллин, М. Ш. Контроль технического состояния маслонаполненного трансформаторного электрооборудования методами оптической спектроскопии : специальность 05.11.13 "Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий" : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Гарифуллин Марсель Шарифьянович. – Казань, 2014. – 32 с. – EDN ZPJLEZ.

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА СИЛОВЫХ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

В.Р. Акмалтдинова

Науч. рук, к.т.н., доцент Р.Н. Балобанов

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

vakmaltdinova99@mail.ru

Проведение ремонтно-восстановительных работ в системах электроснабжения напрямую связано с надежностью их функционирования. Для повышения надежности систем электроснабжения необходимо применить ряд мер по обеспечению технического контроля состояния изоляции. Одной из самых эффективных систем является онлайн-мониторинг кабельных линий (КЛ) в режиме реального времени. С целью повышения их надежности и обеспечения безопасности электротехнического персонала.

Ключевые слова: электроэнергетика, частичные разряды, надежность электроснабжения, мониторинг кабельных линий.

OPTIMIZATION OF POWER POWER MONITORING SYSTEMS CABLE LINES

V.R. Akmaltdinova

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

vakmaltdinova99@mail.ru

Carrying out repair and restoration work in power supply systems is directly related to the reliability of their operation. To improve the reliability of power supply systems, it is necessary to apply a number of measures to ensure technical control of the insulation condition. One of the most effective systems is online monitoring of cable lines (CL) in real time. In order to increase their reliability and ensure the safety of electrical personnel.

Keywords: electric power industry, partial discharges, power supply reliability, monitoring of cable lines.

Современные тенденции в электроэнергетике направлены на достижение целей по максимально эффективному использованию природных энергоресурсов, защите окружающей среды, повышению надежности электроснабжения и улучшению качества электроэнергии.

На сегодняшний день одной из наиболее современных и эффективных систем диагностики силовых кабельных линий является система OWTS (Oscillating Wave Test System), работа которой основана на применении затухающего (DAC, Damping Alternative Current) напряжения. Данная система разработана немецкой компанией SebaKMT, однако, в настоящий момент на рынке появляется все больше установок других производителей, в том числе и российских, как например переносная установка CPDA (Cable PartialDischargeAnalyzer), изготавливаемая отечественной компанией ООО «Димпус» [2].

Этот метод также перспективен, поскольку позволяет построить на его основе систему мониторинга технического состояния изоляции,

кабельных линий и другого электрооборудования в режиме реального времени.

Благодаря такой системе возможен запланированный вывод оборудования из эксплуатации для дальнейшего тестирования и/или ремонта с последующим сокращением внезапных аварийных отключений и перебоев в подаче электроэнергии [3].

Источники

1. Вдовико В. П. Частичные разряды в диагностировании высоковольтного оборудования. — Новосибирск: Наука, 2007.

2. ООО Димрус. "Система контроля изоляции кабельных линий "СРДА". Руководство по эксплуатации".

3. Беляков, В.В. Мониторинг силовых кабельных линий с адаптацией к условиям окружающей среды в режиме реального времени / В.В. Беляков, А.В. Малышев // Электро, 2008. — №5. — С. 38 – 40.

УДК 621-313.3

ПРЯМОЙ И РЕАКТОРНЫЙ ПУСК АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

А.Е. Анохин¹, В.В. Максимов²

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

¹ sasha.103362@gmail.com, ² viktor.maksimov.1968@mail.ru

В данном тезисе описывается запуск асинхронного двигателя (АД), с линейным реактором (ЛР) и без него, влияние ЛР на ударные токи при запуске и переход на установившийся режим работы АД с закорачиванием ЛР на прямое питание двигателя.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, линейный реактор, ударный ток.

DIRECT AND REACTOR START OF AN ASYNCHRONOUS MOTOR WITH A SQUIRT-CLOSE ROTOR

A.E. Anokhin¹, V.V. Maksimov²

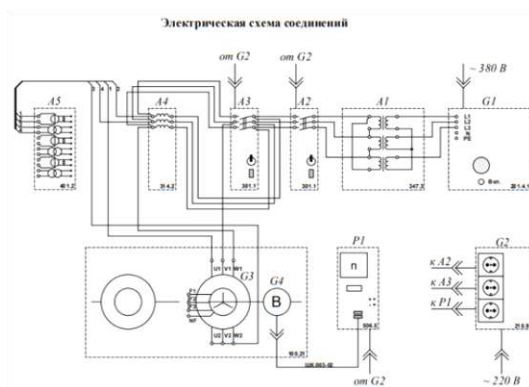
^{1,2} KSPEU, Kazan, Russia

¹ sasha.103362@gmail.com, ² viktor.maksimov.1968@mail.ru

This thesis describes the start of an induction motor (IM), with and without a linear reactor (LR), the effect of the LR on surge currents at startup, and the transition to the steady state operation of the IM with a shorted LR to direct power to the motor.

Keywords: asynchronous motor, linear reactor, surge current.

В настоящее время исследования работы электрической сети (ЭС) по оптимизации режимов двигателей является актуальной задачей. Для исследования и поведения работы был использован асинхронный двигатель, позволяющий смоделировать принципы запуска, выявить ударные токи в момент переходных процессов и токи установившегося режима [2]. В данной работе на лабораторных стендах «ГалСен» была построена цепь (рис.1) [1].



Электрическая схема прямого и реакторного пуска асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

Проведение натурных экспериментов затруднено в следствии больших экономических затрат и опасности, вследствие человеческих факторов. Для этого существует лабораторная модель, позволяющее в кратчайшие сроки воспользоваться лабораторными стендами для построения схемы и выявление параметров пусковых токов, оценку эффективности влияния линейного реактора.

Эксперимент 1 - Включения и отключения двигателя с ЛР. Эксперимент 2 - Запуск АД с линейным реактором и с закорачиванием ЛР на прямое питание АД при неустановившемся режиме. Эксперимент 3 - Запуск АД с линейным реактором и с закорачиванием ЛР на прямое питание АД при установившемся режиме. Эксперимент 4 - Запуск АД напрямую без ЛР. Эксперимент 5 - Запуск АД с частотным преобразователем (плавный пуск АД).

Характеристики асинхронного двигателя при проведенных экспериментах

Таб.1	I _{уд} ,А			I _{уст} ,А	U ₁ ,В	U ₂ ,В			N,об/мин
	включ	ЛР	отключ			включ	уст	отключ	
Эксп.1	1,07	-	0,71	0,6	228	113	218	404	1405
Эксп.2	1,05	0,91	0,47	0,6	228	113	220	114	1444
Эксп.3	1,05	0,69	0,47	0,6	228	113	220	117	1447
Эксп.4	1,8	-	0,5	0,6	228	114	218	116	1442
Эксп.5	-	-	-	-	-	-	-	-	1500

Оптимальным вариантом пуска двигателя будет: Запуск асинхронного двигателя с линейным реактором до установившегося режима двигателя, а после закорачивание ЛР и питание двигателя напрямую (см. таблицу) [4].

С использованием этого метода пуска двигателя мы добиваемся наименьшего влияния длительных динамических токов, что приводит к увеличению срока эксплуатации двигателя [3].

Источники

1. Карпеш М.А., Сенигов П.Н. Электрические станции и подстанции. Челябинск: ООО «ИПЦ «Учебная техника», 2015.
2. Хабибуллин, И. И. Влияние отклонений параметров напряжения на работу асинхронного двигателя / И. И. Хабибуллин, А. М. Маклецов // Фундаментальные и прикладные исследования: концепты, методики, новации: Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 12–13 мая 2022 года. – Ростов-на-Дону: Профпресслит, 2022. – С. 290-292. – EDN MPNKJA.
3. Хафизов, Л. А. Тепловизионное диагностирование конденсаторов связи / Л. А. Хафизов, Л. И. Камалиева, О. Е. Куракина // Электрические сети: надежность, безопасность, энергосбережение и экономические аспекты : Материалы международной научно-практической конференции, Казань, 22 апреля 2022 года / Редколлегия: В.В. Максимов (отв. редактор) [и др.]. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. – С. 292-297. – EDN PRPOPE.
4. Хилажев, Т. И. Системы контроля качества электрической энергии / Т. И. Хилажев, Д. М. Валиуллина, Р. М. Хайретдинов // Тинчуринские чтения – 2021 «энергетика и цифровая трансформация»: Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3 томах, Казань, 28–30 апреля 2021 года. – Казань: ООО ПК «Астор и Я», 2021. – С. 67-68. – EDN DLVJOZ.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Д.В. Архипов¹, Р.Н. Мухаметжанов²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

^{1,2}dimka.ceaser14@gmail.com

В статье рассмотрена перспектива повышения надежности воздушных линий электропередачи при применении проводов нового поколения.

Ключевые слова: провода, воздушные линии электропередачи, надежность, композитный материал.

INCREASING THE RELIABILITY AND CAPACITY OF OVERHEAD POWER LINES

D.V. Arkhipov¹, R.N. Mukhametzhano²

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

^{1,2}dimka.ceaser14@gmail.com

The article considers the prospect of increasing the reliability of overhead power lines when using new generation wires.

Keywords: wires, power line, reliability, composite material.

Стремительный рост потребления электроэнергии ставит актуальный вопрос о улучшении пропускной способности ВЛ и их надежности, разработки и применение передовых конструктивных решений, соответствующего сырья и технологий. Использование новых материалов и оптимизированных конструктивных решений актуально в связи с необходимостью масштабной реконструкции электросетевой инфраструктуры, срок службы которой превышает 40-50 лет. Использование современных проводов, сохраняющих свои свойства при длительной эксплуатации при высоких температурах, особенно актуально в проблемных аварийных и послеаварийных режимах эксплуатации, когда по оставшимся линиям протекают значительные силовые потоки.

Провода нового поколения различных типов российской разработки. На данный момент разработана и применяется серия сталеалюминиевых проводов марок АСТ и АСк2у российской компании ОАО «Кирскабель».

АСТ – провод, состоящий из стального сердечника поверх которого накручены концентрическими повивами алюминиевые проволоки из термостойкого сплава Al-Zr [3].

В АСк2у сердечник сделан из стальных проволок трапецеидальной формы с цинкоалюминиевым покрытием. Применение высокопрочной стальной проволоки позволяет повысить механическую прочность проволоки и тем самым уменьшить провисание проволоки при реконструкции существующих ВЛ, снизить вероятность обрыва проволоки в результате стихийных бедствий. Использование проводов данной марки ведет к снижению количества опор путем увеличения между ними расстояния. Эти провода эксплуатируются на трех ВЛ 35-110 кВ, принадлежащих ОАО "Кировэнерго", а также на ВЛ 500 кВ Донская АЭС - Борино (Елецкая).

В настоящее время в Российской Федерации также разрабатываются высокотемпературные композитные провода, аналогичные известным проводам марки АССС производства компании LAMIFIL (США), которые также уже нашли применение в ряде сетевых компаний Российской Федерации[2]. Главным материалом составного сердечника является высокопрочное углеродное волокно и эпоксидное связующее горячего отверждения. Для защиты сердечника состоящего из углепластика от токопроводящей части и образования гальванической коррозии применяется изолирующее покрытие из стеклопластика. Электропроводящая составляющая провода включает в себя проволоки трапецевидного профиля из сплава ZTAL, устойчивого к высоким температурам, и имеет коэффициент заполнения, около 0,95[1].

Результаты испытаний разработанного в России провода типа HTLS. Провод диаметром 24,7 мм с высокопрочным углеродным сердечником диаметром 9,1 мм, сечением токопроводящей части из алюмоциркониевого сплава 400 мм² совместно со специально разработанной линейной арматурой (натяжные и поддерживающие зажимы).

Показатели исследований провода HTLS в сравнении с АС 400/64 приведены в таблице.

Характеристики проводов АС 400/64 и HTLS

Характеристики провода	АС 400/64	HTLS	Результаты сравнения основных характеристик, %
Сечение токопроводящей части, мм ²	390	390,4	+0,1%
Сечение сердечника, мм ²	64	65	+1,5%

Диаметр провода, мм	27,7	24,7	-10,8%
Механическая прочность на разрыв, Н	129 183	170 233	+31,8%
Масса 1 км провода, кг	1572	1204	-23,4%
Предельная токовая нагрузка при допустимой температуре, А			
70 °С	860	1090	+26,7%
90 °С	1053	1310	+24,4%
150 °С	-	1802	+71,1%
Количество опор на 5 км ВЛ	16	13	-18,7%
Температурный коэффициент линейного удлинения сердечника, 10^{-6} , 1/°С	12	1,95	-83,7%
Температурный коэффициент линейного удлинения провода, 10^{-6} , 1/°С	19,2	17,2	-10,4%
Потери на перемагничивание при экономической плотности тока, % от основных потерь	5,1	отсутствуют	-

При строительстве новых и реконструкции эксплуатируемых в данный момент ВЛ, использование современных проводов обладающих улучшенными характеристиками в сравнении с проводами марки АС ведет к повышению пропускной способности линии и повышению ее надежности.

Источники

1. Варыгина А.О., Савина Н.В. Расчет длительно допустимого тока проводов нового поколения воздушных линий // «ИЗВУЗ. Проблемы энергетики.» 2020. Т.22, №4. С. 3-15. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.energyret.ru/jour>. (дата обращения: 12.03.22)

2. Тимашова Л.В., Никифоров Е.П., Назаров И.А., Мерзляков А.С., Ермошина М.С., Качановская Л.И., Константинова Е.Д., Романов П.И., Шкапцов В.А. Повышение надежности воздушных линий электропередачи при применении проводов нового поколения // «Энергия единой сети» 2014. №5. С. 6-14 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25821484> (дата обращения: 12.03.22)

3. Тимашова Л.В., Назаров И.А., Мерзляков А.С. Современные конструкции проводов ВЛ // «Энергия единой сети» 2013. №2. С. 4-13

[Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.xn-----glcfcctdci4bhow0as6psb.xn--p1ai/publications/141-2-7-2013-g/612-sovremennye-konstruktsii-provodov-v1> (дата обращения: 12.03.2022).

УДК 621.311.4

АВТОМАТИЗАЦИЯ ДИАГНОСТИКИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ МЕТОДОМ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ

О.С. Атрашенко¹, Я.Ю. Былинкин², Д.С. Тульчинский³, О.О. Ахмедова⁴

^{1,2,3,4} КТИ ВолгГТУ, г. Камышин, Россия

¹olgapasmenko@yandex.ru, ²yarusb3@gmail.com, ³tulchinsky16@yandex.ru, ⁴Ahmedova-olga@mail.ru

Имеющиеся методы диагностики высоковольтных изоляторов, не смотря на свою популярность, являются не самыми эффективными. В этом направлении ультразвуковая дефектоскопия представляет наибольший интерес ввиду своей большей надёжности по сравнению с УФ и ИК-контролем. В отличие от них УЗ-дефектоскопия позволяет обнаруживать дефекты гораздо раньше. Однако её максимальной эффективности можно добиться внедрив её в автоматизированную систему мониторинга состояния изоляторов. В новой методике планируется создание базы данных и внедрение их в нейросеть, которая сможет сигнализировать о возникших дефектах.

Ключевые слова: дефект, полимерный изолятор, ультразвук, повреждение, ИК - диагностика, УФ-диагностика, рекуррентная нейронная сеть (РНС).

AUTOMATION OF DIAGNOSTICS OF HIGH-VOLTAGE INSULATORS BY NON-DESTRUCTIVE ULTRASONIC TESTING

O.S. Atrashenko¹, Ya.Yu. Bylinkin², D.S. Tulchinsky³, O.O. Akhmedova⁴

^{1,2,3,4} KTIVSTU, Kamyshin, Russia

¹olgapasmenko@yandex.ru, ²yarusb3@gmail.com, ³tulchinsky16@yandex.ru, ⁴Ahmedova-olga@mail.ru

The available methods of diagnostics of high-voltage insulators, despite their popularity, are not the most effective. In this direction, ultrasonic flaw detection is of the greatest interest due to its greater reliability compared to UV and IR control. In contrast, ultrasound flaw detection allows detecting defects much earlier. However, its maximum efficiency can be achieved by introducing it into an automated system for monitoring the condition of insulators.

In the new methodology, it is planned to create a database and implement them into a neural network that will be able to signal the defects that have arisen.

Keywords: polymer insulator, damage, IR diagnostics, UV diagnostics, recurrent neural network (RNN).

Электрические изоляторы являются диэлектрическим элементом электроустановки. Они предназначены для электрического отделения конструкций от токоведущих частей. В качестве диэлектрического материала используется стекло, полимер или керамика. [1].

В процессе эксплуатации изоляторов, у них развиваются различные дефекты, приводящие к различным аварийным ситуациям, в следствии чего происходит отключение потребителей. К первоначальным дефектам относятся поверхностные трещины, выбоины. Переувлажненные или загрязненные участки тоже очень сильно влияют на состояние изолятора.

Для изоляторов из высокополимерных материалов характерны дефекты внутри полимерного материала в виде полостей микро и макро-размеров без выхода или с выходом на поверхность, образование трека на поверхности оболочки под воздействием частичных разрядов, а также хрупкий излом [2].

Существуют различные методы контроля изоляторов. Контактные методы, в основном применяются при отключении напряжения на участке ЛЭП. Такие методы представляют опасность для рабочего персонала. [3]

Методы дистанционной диагностики, такие как ультрафиолетовая и инфракрасная дефектоскопия, не смотря на своё популярность, уступают в скорости обнаружения дефекта ультразвуковым дефектоскопам. Они эффективны лишь на последних стадиях развития дефекта и включают в себя весомые трудозатраты, включая в себя наём бригады и большое количество времени, которое бригада затратит на поиск дефектов. Так же некоторые приборы УФ- и ИК-диагностики не предназначены для дневного времени суток. Авторами был проведен эксперимент по обследованию и выявлению перемещающегося частичного разряда по поверхности полимерного изолятора с помощью ИК-диагностики и сделан вывод о неэффективности данного метода, так как распределение температуры по поверхности измеряемого объекта не позволяет выявить данное явление.

Перспективным направлением развития диагностики, является внедрение метода ультразвуковой дефектоскопии, который позволит обнаружить дефект на ранней стадии его развития, и последующей его автоматизации, так как существующие такие приборы УЗ-контроля, использующиеся специальными бригадами для диагностики оборудования, всё ещё недостаточно хороши. Автоматизация мониторинга состояния

изоляторов снизит трудозатраты на диагностику и, что не мало важно, исключит человеческий фактор. Поэтому её развитие является наиболее перспективным направлением в улучшении энергосистемы.

Авторами была исследована зависимость уровня сигнала во времени для изоляторов из разных материалов, и построены графики. Эксперимент показал, что даже при возникновении частичного перекрытия возникает изменение уровня сигнала, который увеличивается до максимального значения при полном перекрытии.

В условиях развития технологий диагностики, основанной на сборе и анализе больших данных (big data), дальнейшего прогнозирования состояния при помощи машинного обучения, лучше всего подходит метод эхо-состояний (ESN), так как она имеет хороший объем кратковременной памяти [4]. Для повышения оперативности диагностики и получения результатов предлагается создать соответствующие базы данных и предоставить их рекуррентным нейросетям с обратной связью для воспроизведения целой последовательности реакций [5].

Источники

1. Какие бывают электрические изоляторы и для чего они предназначены? [электронный ресурс]. <https://www.asutpp.ru/elektricheskie-izolyatory.html> (дата обращения 01.03.2023.)

2. Гатауллин, А. М. Метод неразрушающего контроля полимерных композитных изоляторов напряжением 35 кВ / А. М. Гатауллин, В. Л. Матухин, И. И. Низамов // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. – 2015. – № 2(219). – С. 119-125. – DOI 10.5862/JEST.219.13. – EDN TXMSTD

3. А. Г. Галкин, Т. А. Несенюк Контроль и диагностика изоляторов линий электропередач / А. Г. Галкин, Т. А. Несенюк // Электрификация транспорта / ISSN 2307-4221 Электрификация транспорта, №6. – 2013.

4. 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.

5. Бендерская, Е. Н. Рекуррентная нейронная сеть как динамическая система и подходы к ее обучению / Е. Н. Бендерская, К. В. Никитин // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2013. – № 4(176). – С. 29-40. – EDN RAWPOB.

ОГРАНИЧЕНИЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ НА ОБОЛОЧКЕ КАБЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ ЭКРАННЫХ ОПН

И.Ф. Батршин

Науч. рук. канд. пед. наук, доцент В.М. Булатова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

ilias-0000@mail.ru

В данной работе рассмотрены вопросы обеспечения ограничения перенапряжения на оболочке кабеля с помощью ОПН. Сделаны выводы и даны рекомендации.

Ключевые слова: кабельная линия, ограничитель перенапряжения, изоляция, перенапряжение.

LIMITING OVERVOLTAGE ON CABLE JACKETS USING SHIELDED SURGE PROTECTORS

I.F. Batrshin

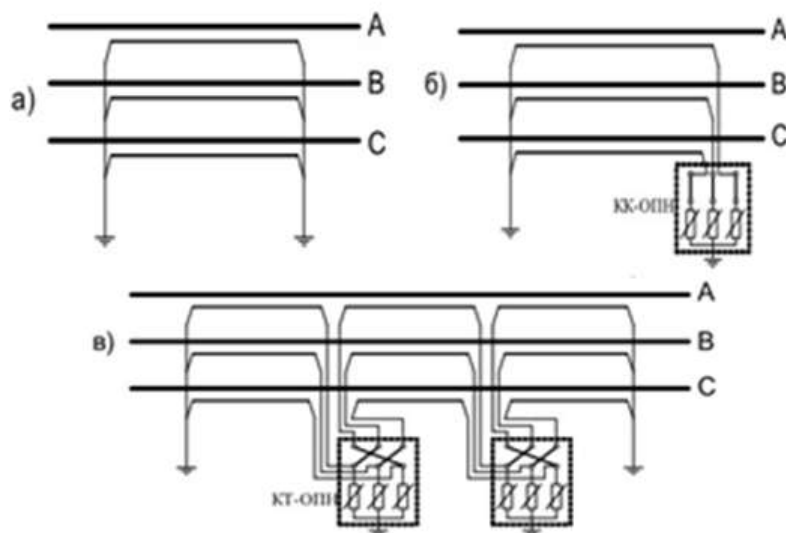
KSPEU, Kazan, Russia

ilias-0000@mail.ru

This paper deals with issues related to the limitation of overvoltage on the cable sheath using surge arresters. Conclusions are drawn and recommendations are given.

Keywords: cable line, surge protector, insulation, overvoltage.

Современные кабельные линии часто используют однофазные кабели, которые состоят из жилы, изоляции, медного экрана и оболочки. Помимо защиты главной изоляции, такие кабели требуют защиты оболочки от перенапряжений, которые могут повредить оболочку и привести к попаданию влаги в кабель. В настоящее время для борьбы с токами и потерями в экранах кабелей используются схемы одностороннего заземления экранов или транспозиции экранов (см. рисунок), что приводит к необходимости защиты оболочки от перенапряжений. Поэтому используются экранные ограничители перенапряжения (ОПН) устанавливающиеся в незаземленном конце экрана или в узле транспозиции экранов и размещаются в концевых коробках КК-ОПН или коробках транспозиции КТ-ОПН.



Основные схемы соединения и заземления экранов однофазных силовых кабелей 6—500 кВ: двустороннее заземление (а), одностороннее заземление (б), транспозиция экранов (в)

ОПН, устанавливаемые для защиты оболочки кабеля от перенапряжений, должны соответствовать определенным характеристикам, таким как максимальное рабочее напряжение и энергоемкость. Несмотря на то, что толщина оболочки кабеля одинакова для разных классов напряжения и составляет порядка 5-6 мм, для ее защиты от перенапряжений можно использовать ОПН класса 6 кВ.

Главная изоляция кабеля между жилой и экраном защищается ОПН соответствующего класса напряжения (6 до 500 кВ), устанавливаемым по концам кабеля у его концевых муфт. Независимо от наличия силовых ОПН по концам кабельной линии, всегда необходимо защищать оболочку кабеля экранными ОПН, которые должны быть размещены в узлах транспозиции экранов. Важно отметить, что экранные ОПН всегда должны быть класса напряжения 6 кВ. [1].

ОПН не предназначен для ограничения повышений напряжения промышленной частоты, а его основное предназначение - защита изоляции оборудования от импульсных перенапряжений.

В концевых кабельных коробках (КК-ОПН) и коробках транспозиции (КТ-ОПН) устанавливается ОПН, который выполняет функции защиты оболочки кабеля от грозовых и коммутационных перенапряжений, передающихся туда с главной изоляции кабеля. Для

определения характеристик ограничителя перенапряжений, который будет использоваться для защиты изоляции экрана кабеля, необходимо учитывать два основных критерия: обеспечение надежной защиты изоляции экрана от грозовых и коммутационных перенапряжений и гарантирование надежной работы самого ограничителя в нормальном режиме и в случае коротких замыканий в сети.[2].

При прокладке кабельных линий оболочка часто подвергается механическим повреждениям. В связи с этим, схемы заземления экранов выбирают таким образом, чтобы при коротком замыкании напряжение, наводимое на экран, не превышало 5-7 кВ на частоте 50 Гц. Это напряжение безопасно как для оболочки кабеля, так и для ОПН класса 6 кВ, который должен выдерживать его на протяжении всего срока эксплуатации, составляющего 30 лет. [3].

Таким образом, для обеспечения защиты оболочки однофазных кабелей от перенапряжений необходимо использовать схемы с односторонним заземлением экранов или транспозицией экранов, независимо от схемы защиты главной изоляции. Для этого следует использовать ОПН класса напряжения 6 кВ с энергоемкостью 2-3 кДж/кВ. Использование ОПН с нижним классом напряжения или более высокой энергоемкостью может вызвать проблемы при монтаже и авариях при эксплуатации.

Источники

1. Дмитриев М.В. Применение ОПН для защиты кабелей 6—500 кВ // КАБЕЛЬ-news. 2014. № 4. С. 16-21.
2. Дмитриев М.В. Экраны однофазных кабелей 6–500 кВ. Ошибки при выполнении схем заземления // Новости ЭлектроТехники. 2013. № 6(84). С. 50–53.
3. Дмитриев М.В. Перенапряжения на изоляции экранов однофазных силовых кабелей 6-500 кВ и защита от них// КАБЕЛЬ-news. 2008. № 9. С. 36-42.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЫСОКООМНОГО И НИЗКООМНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ В СЕТЯХ 6–10 КВ С РЕЗИСТИВНО-ЗАЗЕМЛЕННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

Н.В. Бутусов

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, профессор В.К. Козлов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

lloyoll3@gmail.com

В статье рассмотрен сравнительный анализ высокоомного и низкоомного заземления в сетях 6-10 кВ с резистивно-заземленной нейтралью. Описаны особенности работы систем заземления.

Ключевые слова: резистивно-заземленная нейтраль, высокоомное заземление, низкоомное заземление.

COMPARATIVE ANALYSIS OF HIGH IMPEDANCE AND LOW IMPEDANCE EARTHING IN 6-10 KV NETWORKS WITH RESISTIVE-EARTHED NEUTRAL

N.V. Butusov

KSPEU, Kazan, Russia

lloyoll3@gmail.com

The paper considers a comparative analysis of high and low resistance earthing in 6-10 kV networks with resistance-grounded neutral points. The features of earthing systems operation are described.

Keywords: resistive grounded neutral, high impedance grounding, low impedance grounding.

Выбор способа заземления нейтрали в сетях напряжением 6-10 кВ – исключительно важный вопрос при проектировании и эксплуатации (реконструкции). Режим заземления нейтрали определяет: ток в месте замыкания, перенапряжения на неповрежденных фазах, схему построения релейной защиты от замыканий на землю, уровень изоляции электрооборудования, выбор ограничителя перенапряжений (ОПН) для защиты от перенапряжений, бесперебойность электроснабжения, безопасность персонала при однофазных замыканиях [1].

Системы заземления с низким сопротивлением и системы заземления с высоким сопротивлением являются подмножествами резисторов заземления нейтрали. Основное различие между ними заключается в их номинале и функциях, которые они могут выполнять в зависимости от их номинала.

Системы заземления с низким сопротивлением предназначены для отключения системы в течение определенного времени (номинал). Большинство резисторов заземления нейтрали рассчитаны на отключение в течение 10, 30 или 60 секунд. Обычно это дает время для плавного отключения чувствительного оборудования во избежание повреждения, оповещая ближайшую зону звуковым сигналом.

Системы заземления с высоким сопротивлением предназначены для поддержания непрерывной работы системы без перерывов. Замыкание на землю может привести к многочасовому простоя, в результате которого возникнут большие денежные потери. Для всех систем заземления с высоким сопротивлением установлен режим работы «непрерывный», который не определяется временем.

В дополнение к огромному преимуществу, заключающемуся в предотвращении любых прерываний, системы заземления с высоким сопротивлением способны поддерживать множество полезных функций. Поскольку системы заземления с высоким сопротивлением относительно низкий ток (5А или 10А), он способен использовать импульсную систему, помогающую быстро обнаружить точное место замыкания на землю и устранить проблему.

У системы заземления с высоким сопротивлением есть один небольшой недостаток: поддержка очень высоких напряжений (выше 1 кВ) приводит к значительному увеличению затрат. Если вы заинтересованы в поддержании непрерывной работы и использовании только функций системы заземления с высоким сопротивлением, вы можете использовать трансформатор заземления нейтрали в сочетании с ними [2].

Сравнение различных режимов работы нейтрали

Режим работы нейтрали	Нейтраль, заземленная через резистор (низкоомный)	Нейтраль, заземленная через резистор (высокоомный)
Ток замыкания на землю	средний	очень низкий

Выделение энергии в месте повреждения	высокое	Низкое
Уровень переходных перенапряжений	низкий	Низкий
Опасность повреждения оборудования	не высокая	не высокая
Вероятность быстро определить место повреждения	высокая	очень высокая
Возможность непрерывного электроснабжения потребителей	низкая	очень высокая
Частота возникновения повреждений	очень низкая (очень редко возникают повреждения)	низкая (редко возникают повреждения)
Вывод оборудования при замыкании на землю	мгновенный вывод оборудования	есть возможность работы при замыкании на землю
Опасность возникновения дуги при замыкании на землю	средняя	Минимальная
Потребность в обслуживании нейтрали	нет	Нет
Чувствительность релейной защиты	лучшая	Отличная

Источники

1. Назарычев А.Н. Комплексные инновационные решения по заземлению нейтрали в сетях 6-35 кВ / А.Н. Назарычев, С. Титенков, А.А. Пугачев // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2016. - №3 (36). – С. 40-47.

2. High Resistance vs. Low Resistance. [Электронный ресурс]. URL: <https://megaresistors.com/products/neutral-grounding-resistor/> (дата обращения: 18.02.2023).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЕМКОСТНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ НА СИГНАЛ ПРИ ГРОВОМ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИИ НА ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Н.В. Бутусов

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, профессор В.К. Козлов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

lloyoll3@gmail.com

В статье рассмотрено влияние емкостной составляющей на сигнал при грозовом перенапряжении на воздушной линии электропередачи (ВЛЭП). ВЛЭП и грозовой импульс были смоделированы в программном обеспечении PSCAD, получены осциллограммы напряжений на участках сети.

Ключевые слова: удар молнии, грозовое перенапряжение, емкость, воздушная линия электропередачи.

STUDY OF THE INFLUENCE OF THE CAPACITIVE COMPONENT ON THE SIGNAL DURING LIGHTNING OVERVOLTAGE ON OVERHEAD POWER LINES

N.V. Butusov

KSPEU, Kazan, Russia

lloyoll3@gmail.com

The paper considers the influence of the capacitive component on the signal during lightning overvoltage on an overhead power line (OPL). The overhead power line and lightning pulse were modeled in the PSCAD software, and oscillograms of voltages on network sections were obtained.

Keywords: lightning strike, lightning overvoltage, capacity, overhead power line.

Исследование грозового перенапряжения является важным, так как грозовые разряды могут вызывать высокое напряжение на электропередаче и распределительных линиях, что может привести к разрыву электрических линий, повреждению оборудования и прерыванию электроснабжения [1].

Молния, как физическое явление, соответствует импульсному источнику тока, который представляет собой последовательный разряд

определенного количества электричества за короткий промежуток времени. Фактическая форма сигнала довольно изменчива и включает в себя крутой фронт до максимальной амплитуды, за которым следует длинный уменьшающийся хвост длиной в несколько десятков микросекунд. Для целей расчетов перенапряжения важен только большой ток, протекающий во время обратного хода. В течение этого периода было обнаружено, что форма волны может быть представлена двойной экспонентой вида:

$$I_{\text{Test}} = I \left(e^{-\alpha t} - e^{-\beta t} \right)$$

Значения I , α и β приведенного выше уравнения могут быть определены для импульсной волны, если известны значение гребня и время до гребня и время до половины оседания на хвосте. Стандартная форма сигнала напряжения, используемая при испытаниях на высокое напряжение, имеет форму волны 1,2*50 микросекунд, чтобы учитывать самые суровые условия. Форма волны простого грозового разряда может быть представлена следующим образом [2]:

$$I = 1,02 \cdot I_1 \cdot \left[\exp(-13000 \cdot t) - \exp(-4,4 \cdot 10^6 \cdot t) \right]$$

Для моделирования линий передачи и удара молнии использовалось программное обеспечение (ПО) PSCAD, применялась частотно-зависимая модель фаз. Изоляторы на опорах представлены емкостями. Как известно, удар молнии может попасть за один раз только в одну из трёх фаз. Следовательно, ток грозового разряда подавался только на одну фазу (фаза С). Рассматриваемая схема моделирования ЛЭП для исследования грозовых перенапряжений представлена на рис. 1.

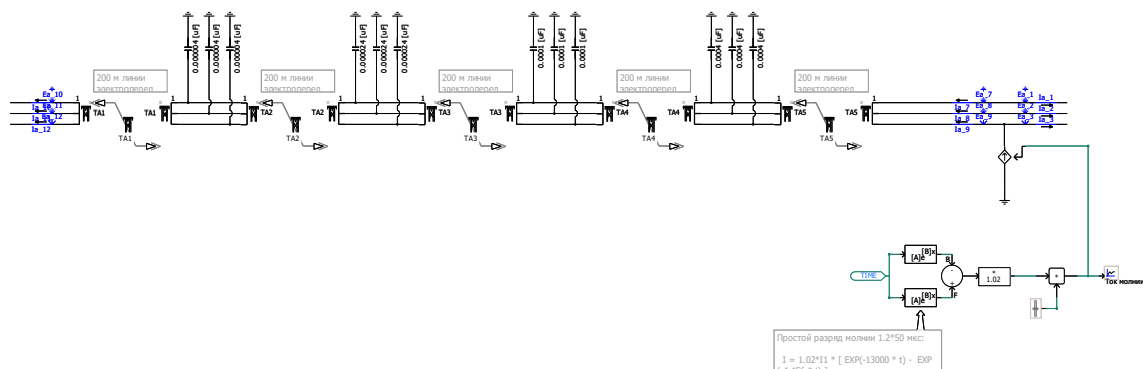


Рис. 1. Схема моделирования ЛЭП и удара молнии в ПО PSCAD

Модели распределенных линий передачи работают по принципу бегущих волн. Возмущение напряжения будет распространяться по проводнику со скоростью его распространения (близкой к скорости света) до тех пор, пока оно не отразится или поглотится в конце линии.

После выполнения симуляции с различными емкостями, получаем графики осциллограмм напряжения в конце участка ЛЭП через 1 км на поврежденной фазе С рис 2.

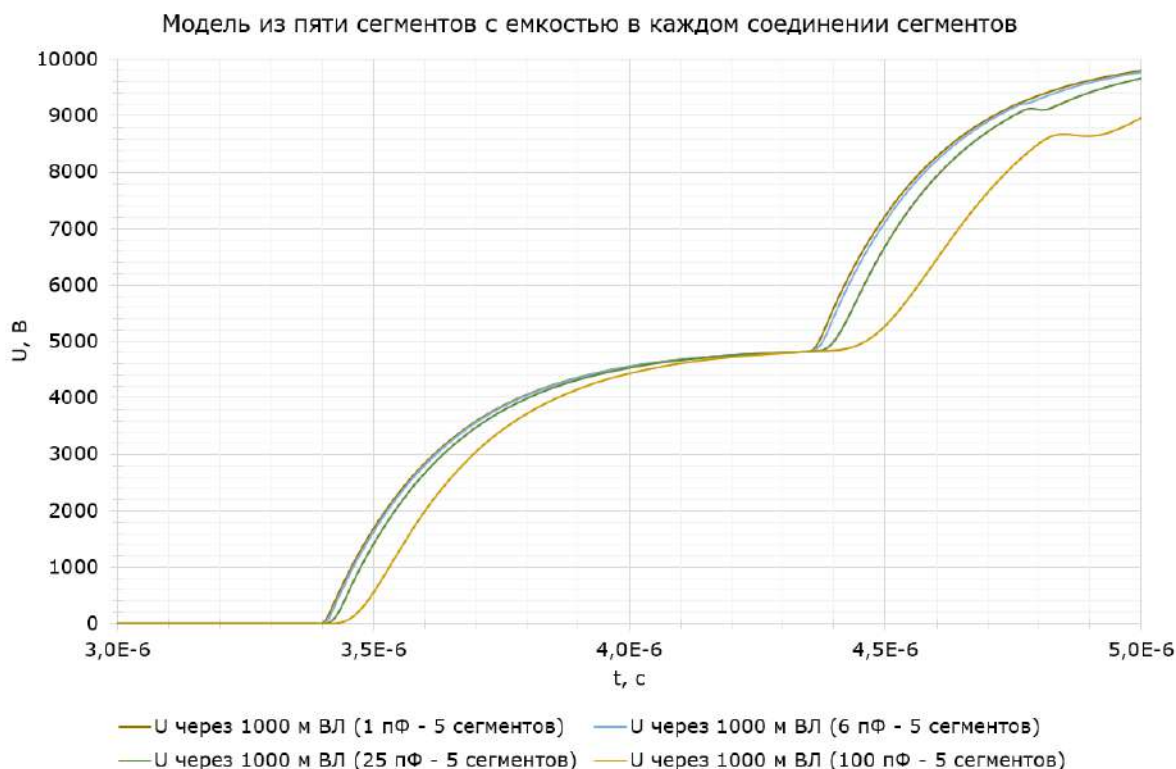


Рис. 2. Осциллограммы напряжений в через 1 км ВЛ

Из рис. 2 видно, что емкостной характер влияет на задержку сигнала, при увеличении емкости увеличивается задержка сигнала.

Источники

1. Практический анализ перенапряжений вследствие прямого разряда молнии на подстанции 400 кВ. «ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. ПЕРЕДАЧА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ» № 3(24), МАЙ-ИЮНЬ 2014.

2. MOV Surge Arrester Test - Lightning Strike. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.pscad.com/knowledge-base/article/174/> (дата обращения: 18.02.2023).

КИСЛОТНОЕ ЧИСЛО ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА И СПОСОБ ЕГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ

А.А. Валеев¹, Т.А. Мустафин², Д.М. Валиуллина³, В.К. Козлов⁴
^{1,2,3,4}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
^{1,2,3,4}89534960746@mail.ru

В данной работе, основанной на анализе отечественных источников литературы, предпринимается попытка представления общей характеристики кислотного числа масла, применяемого в маслonaполненном электротехническом оборудовании, а также информации об основном лабораторном способе его определения.

Ключевые слова: энергетика, электрооборудование, трансформатор, трансформаторное масло, кислотное число.

ACID NUMBER OF TRANSFORMER OIL AND METHOD OF ITS DETERMINATION

A.A. Valeev¹, T.A. Mustafin², D.M. Valiullina³, V.K. Kozlov⁴
^{1,2,3,4}KSPEU, Kazan, Russia
^{1,2,3,4}89534960746@mail.ru

In this paper, based on the analysis of domestic literature sources, an attempt is made to present the general characteristics of the acid number of oil used in oil-filled electrical equipment, as well as information about the main laboratory method for its determination.

Keywords: power engineering, electrical equipment, transformer, transformer oil, acid number.

Общеизвестно, что основным назначением трансформаторного масла в энергетике принято считать реализацию в соответствующем маслonaполненном силовом оборудовании таких функций как охлаждение, гашение дуги и электрическая изоляция. Электрические и физические свойства трансформаторных изоляционных масел характеризуются различными показателями обеспечения надежности и качества эксплуатации электротехнического оборудования. Стоит отметить, что упомянутые свойства зависят от марок масла и с течением времени в процессе эксплуатации ухудшаются. Например, в случае нагрева масел до температур, превышающих норму, последние органически разлагаются.

Такое разложение сопровождается образованием кислых соединений, газов, воды и отражает начало процессов износа оборудования [1–3].

Ключевым показателем качества изоляционного масла, применяющегося в маслонаполненном оборудовании, является его кислотное число (КЧ), рассмотрению общей характеристики которой, а также способа его определения посвящается настоящая работа. Актуальность написания статьи обусловлена наличием незначительного количества научных публикаций на русском языке на обозначенную тему.

В настоящее время по значению КЧ исследователи определяют степень старения масла и оценивают срок его службы. При старении масло становится более вязким и темнеет, в нем образуются низкомолекулярные кислоты, которые способны разрушить изоляционную составляющую обмоток и вызвать начало коррозионных процессов в металлах, погруженных в него. Поэтому важно отметить, что КЧ растет с повышением окисленности масла, т.е. при его старении и ухудшении показателей изоляционных свойств [4, 5].

КЧ как качественный показатель состояния трансформаторного масла не редко выявляют с помощью метода так называемого сокращенного анализа, который, помимо всего прочего, позволяет определить внешний вид и цвет масла, пробивное напряжение, наличие механических примесей, температуру вспышки и др. [6].

Содержание различных кислот органической природы чаще всего выявляют лабораторно с помощью определения величины КЧ, выражаемого количеством нужных для нейтрализации миллиграмм гидроксида калия (КОН), которые содержатся в одном грамме трансформаторного масла. Исследовательско-экспериментальным путем определено, что предельным значением для рассматриваемого типа электрооборудования является двадцать пять сотых миллиграмма КОН/г. На практике чаще всего наблюдается довольно невысокая кислотность, которая практически не оказывает никакого влияния на иные характеристические показатели трансформаторного масла, однако при этом является важным критерием, отражающим начало его старения. Полученные результаты определения КЧ, превышающие 0,5 мг КОН/г говорят о потенциальных рисках возникновения резких изменений его свойств и необходимости реализации мероприятий по его замене.

Важно упомянуть, что в трансформаторном масле нередко содержатся так называемые водорастворимые кислоты, максимальная концентрация которых – четырнадцать тысячных миллиграмм КОН/г масла. В реальных случаях превышение указанных значений и предельных

показателей КЧ наблюдается редко. Этот позитивный момент по большому счету обусловлен тем, что многие российские и зарубежные трансформаторы снабжены термосифонными фильтрами, содержащими силикагель. Таким образом, нельзя не выделить тот факт, значение КЧ в масле трансформаторов является важным критерием необходимости замены адсорбента в термосифонных фильтрах и показателем эффективности регенерации нефтепродукта.

Процесс диагностического испытания по оценке состояния масла заключается в титровании кислых соединений нефтепродукта с помощью спиртового раствора КОН и соответствующего цветного индикатора согласно правилам ГОСТ 5985-79. В эксперименте отбирается проба объемом от пятидесяти до ста кубических сантиметров. В иную колбу конической формы наливается пятьдесят кубических сантиметров восьмидесятипроцентного этилового спирта, который кипятится до пяти минут. В полученный спирт добавляют около двадцати пяти кубических сантиметров индикатора (как правило, нитрозинового желтого) и нейтрализуют в состоянии остывающей горячей температуры с помощью постоянного перемешивания спиртовым раствором КОН до момента, пока желтая окраска не сменится на зеленоватую.

Что касается непосредственно определения КЧ трансформаторного масла, то подготовленный по вышеприведенной инструкции горячий спирт наливают в колбу с испытуемым нефтепродуктом. Содержимое последней кипятится пять минут с обратным холодильником и при непрерывном перемешивании. Полученную смесь титруют вышеуказанным способом. В случае получения зеленоватого окраса титрование раствором КОН не осуществляется, так как зеленый цвет говорит об отсутствии в масле необходимой кислоты органической природы.

Не редко в процессе качественно-оценочного испытания трансформаторного масла возникают сомнения в истинности полученных показателей КЧ, которые устраняются путем использования специального индикатора «щелочной голубой 6Б». В определении КЧ также задействуются математические формулы, прописанные четвертом пункте государственного стандарта. В случае, если среднее арифметическое значение из двух параллельно полученных результатов отклонено от нормы, то качество масла можно считать неудовлетворительным. В случае, когда полученное значение превышает одну десятую миллиграмма КОН/г, необходимы дополнительные испытательные процедуры, направленные на выявление в масле шламовых частиц [7].

Следует подчеркнуть, что так называемые традиционные лабораторные методы контроля проб масла весьма трудоемки и времязатратны, а также характеризуются необходимостью наличия существенных материальных ресурсов, в связи с чем в последнее время актуализируется практика распространения новых способов определения качества трансформаторного масла, например, таких, как цифровые, визуальные методы или спектроскопия в видимой и ультрафиолетовой областях спектра [8–10].

Таким образом, определение КЧ является важнейшим этапом определения состояния и оценки качества масла, используемого в маслонаполненном электротехническом оборудовании. Именно выявление значений КЧ позволяет ученым более детально определять степень старения и окисленности обозначенного типа нефтепродукта, повсеместно эксплуатируемого в современной энергетике.

Источники

1. Ризванова Г.И. и др. Особенности старения трансформаторного масла в реальных условиях эксплуатации // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2015. – № 9-10. – С. 91-94.
2. Валиуллина Д.М. и др. Визуальное определение характеристик трансформаторного масла // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2020. – № 10-1. – С. 41-45.
3. Гайнуллин М.Р. Взаимосвязь дефектов с показателями качества трансформаторного масла // Актуальные проблемы общества, экономики и права в контексте глобальных вызовов. – 2022. – № 2. С. 149-151.
4. Привалов Е.Е., Гуцевич А.А., Котов А.В. Методы анализа свойств трансформаторного масла // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве. – 2012. – С. 99-104.
5. Абзалдинова А.Ф. Диагностика состояния трансформаторного масла по кислотному числу // Тинчуринские чтения - 2022 "Энергетика и цифровая трансформация" : Сборник статей по материалам конференции. В 3-х томах. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. – С. 39-41.
6. Абзалдинова А. Ф. Диагностика трансформаторного масла по кислотному числу // XXV Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный Дню энергетика : Материалы конференции. В 3-х томах. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. – С. 38-40.

7. Лютикова М. Н., Коробейников С. М. Специфика определения кислотного числа изоляционного масла из действующих высоковольтных трансформаторов // Промышленная энергетика. – 2022. – № 6. – С. 15-22.

8. Козлов В.К., Гарифуллин М.Ш., Гиниатуллин Р.А. Спектральный метод диагностики состояния трансформаторного масла // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2006. – № 11-12. – С. 80-83.

9. Валиуллина Д.М. и др. Визуальное определение параметров качества трансформаторного масла // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2021. – № 3-1. – С. 33-37.

10. Высогорец С.П., Назарычев А.Н., Горец И.А. Метод определения кислотного числа трансформаторных масел с применением цифровых технологий // Справочник. Инженерный журнал с приложением. – 2019. – № 8. – С. 31-35.

УДК: 621.311.17

РОЛЬ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

И.И. Вахитов¹, Э.Н. Насырова²

Науч. рук. д-р техн. наук, доцент М.Ш. Гарифуллин

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹ilsafwah16@mail.ru, ²elina.nasyrova01@yandex.ru

В данной работе рассматривается использование облачных технологий и систем управления интеллектуальными системами (Smart Grid). Выделены достоинства данных технологий, которые позволяют оптимизировать и автоматизировать работу объектов электроэнергетики.

Ключевые слова: облачные технологии, распределительные сети, объекты электроэнергетики, управление, цифровизация.

THE ROLE OF CLOUD TECHNOLOGIES IN THE FIELD OF ELECTRIC POWER

I.I. Vakhitov¹, E.N. Nasyrova²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

¹ilsafwah16@mail.ru, ²elina.nasyrova01@yandex.ru

This paper discusses the use of cloud technologies and intelligent systems management systems (Smart Grid). The advantages of these technologies that allow optimizing and automating the operation of electric power facilities are highlighted.

Keywords: cloud technologies, distribution networks, electric power facilities, management, digitalization.

В настоящее время каждая энергетическая компания стремится к цифровизации своей деятельности, именно поэтому проще использовать облачные технологии вместо серверов.

Наблюдается тенденция, что цифровые сети становятся неотъемлемой частью энергетической системы. Эта тенденция способствует росту популярности протокола МЭК 61850. Данный протокол применим к системам автоматизации подстанций. Он объясняет процессы, требуемые для организации и протекании обмена данными между микропроцессорными устройствами на самой подстанции и привязанным к ней системам.

Рассмотрим ключевые особенности данного стандарта:

- Каналы связи основаны на базе Ethernet с магистральными линиями высокой пропускной способности для наиболее быстрой передачи и обработки информации;
- Широкий спектр совместимости устройств, что упрощает сбор и отправку информации [1].

Облачные технологии в данном случае предназначены для расширения функционала «цифровой подстанции», таких как: определение местоположения повреждения; нахождение и сигнализация поврежденного участка линий электропередач; контроль за качеством электроэнергии и сигнализация об отклонениях; напоминание и оповещение о техническом обслуживании подстанции персоналом (Рис.1).

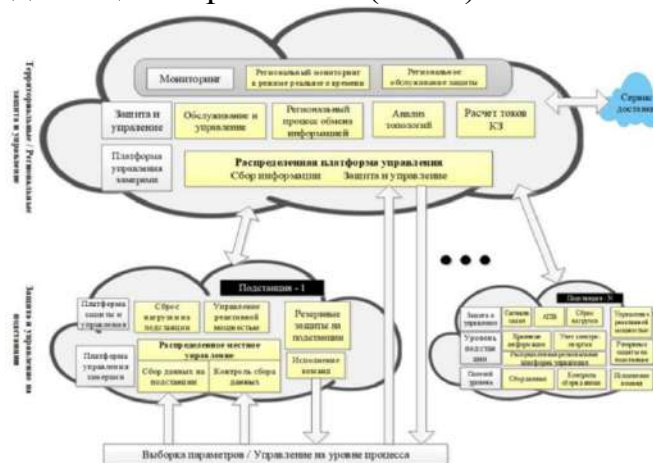


Рис.1. Структура облачных технологий [2]

Нужно учитывать все устройства по распределительным сетям с различной конфигурацией, обмен информации через облачные структуры также является достоинством технологий данного вида [3].

Важным элементом является возможность обеспечения надежности для объектов электроэнергетики. Именно поэтому необходимо уделять особое внимание безопасности данных, которые обрабатываются автоматически и хранятся в облаке. Применение облачных вычислений поможет обеспечить быстро и качественно обработать большие количества информации (Big Data) для автоматизации обработки данных любых объемов в сфере энергетики. Это позволит решать вопросы различной сложности, такие как: высокоскоростная обработка получаемой информации от объекта электроэнергетики; способность работать с разными устройствами и видами данных.

Если оценивать перспективы развития данного направления, то можно сказать, что в области электроэнергетики облачные технологии найдут применение:

- В районных диспетчерских управлениях, которые смогут наиболее структурированно собирать информацию о состоянии подстанции и осуществлять управление подконтрольной электрической сетью;
- В расчётных центрах поставщика электроэнергии – облачные технологии позволят собирать информацию быстрее по сравнению с традиционными способами сбора показаний.

Подводя итоги, можно сказать, что облачные технологии являются перспективным направлением развития цифровизации электроэнергетики, это позволяет создавать огромную базу информации в лёгкой доступности пользователя.

Источники

1. Алгоритмы и вероятностные модели параметров функционирования внутризаводского электроснабжения / Е. И. Грачева, О. В. Наумов, А. Н. Горлов, З. М. Шакурова // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2021. – Т. 23. – № 1. – С. 93-104. – DOI 10.30724/1998-9903-2021-23-1-93-104. – EDN DSIMFU.
2. Лоскутов, А. Б. Проблемы перехода электроэнергетики на цифровые технологии / А. Б. Лоскутов // Интеллектуальная электротехника. – 2018. – № 1. – С. 9-27. – DOI 10.46960/2658-6754_2018_1_9. – EDN YOYWMH.
3. Коновалов, Ю. В. Облачные вычисления и их роль в цифровизации электроэнергетики / Ю. В. Коновалов, А. Е. Вайгачев, Н. М.

Левин // Современные технологии и научно-технический прогресс. – 2020. – Т. 1, № 7. – С. 203-204. – DOI 10.36629/2686-9896-2020-1-203-204. – EDN MJDYLT.

УДК 658.58

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «SMART PLANNING» ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ГРАФИКОВ РЕМОНТА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

М.С. Волков

ФГБОУ ВО "БрГУ", г. Братск, Россия

mediatordallona@mail.ru

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Т.Н. Яковкина

Одним из важных аспектов при планировании ремонтных работ является формирование графиков проведения ремонтов. С учетом возникновения дефектов и внеплановых работ годовой график ремонтов может претерпевать множество изменений. Для ускорения процессов создания и корректировки планов, а также недопущения ошибок при планировании ремонтов предлагается использовать разработанный программный комплекс «Smart Planning».

Ключевые слова: планирование и проведение ремонтных работ, графики ремонтов, корпоративные системы управления.

DEVELOPMENT OF THE SOFTWARE COMPLEX "SMART PLANNING" FOR FORMING SCHEDULES OF REPAIR WORKS

M.S. Volkov

Bratsk State University, Bratsk, Russia

mediatordallona@mail.ru

One of the important aspects in the planning of repair work is the formation of schedules for repairs. Given the occurrence of defects and unscheduled work, the annual repair schedule can undergo many changes. To speed up the processes of creating and adjusting plans, as well as to avoid mistakes when planning repairs, it is proposed to use the developed software package "Smart Planning".

Keywords: planning and carrying out repair work, repair schedules, corporate management systems.

Своевременное планирование проведения ремонтных работ объектов энергетики является неотъемлемой частью обеспечения надежности работы не только электрогенерирующего предприятия, но и всей энергосистемы в целом.

Поддержание работоспособного состояния электрооборудования, восстановление его заявленных производителем характеристик, обеспечение возможности работы в номинальных параметрах достигается за счет применения системы планово-предупредительных ремонтов (ППР), главным принципом которой является ремонт оборудования до начала его интенсивного износа. [1]

Требования к организации, планированию и проведению ремонтов объектов электроэнергетической системы устанавливаются правилами ТООР. [2]

Планирование ремонта оборудования включает в себя разработку:

- 1) перспективных графиков ремонта (составляются на 5 лет вперед);
- 2) годовых графиков (составляются на основании перспективных планов);
- 3) месячных планов ремонтов (учитывают корректировки годового графика по продолжительности проведения ремонтов и его сроках).

Наиболее трудоемким процессом является создание годового графика ремонта (ГР), так как при его формировании необходимо учитывать множество факторов: совместный вывод оборудования с необходимым для ремонта объектом для обеспечения безопасного выполнения работ на нем, возможность снижения генерируемой мощности в заявленный период, обеспечение аварийной готовности оборудования, возможность выполнения требуемых объемов работ подрядными организациями (загруженность графика), разрешенная совокупная длительность ремонтов основного оборудования станции и многое другое.

При этом с корректировками в месячных ГР, годовой график может претерпеть сильные изменения, например, при возникновении внеплановых работ, которые необходимо устранять в первую очередь. Это влечет за собой вероятность некорректного составления заявок на вывод оборудования в ремонт, при которых один из объектов может совпасть с другим, либо «выпасть» из графика совсем. В этом случае можно получить системную аварию со смещением баланса генерируемой и потребляемой мощностей либо аварийный выход из работы оборудования из-за его критичной выработки остаточного ресурса.

Во избежание вышеперечисленного предлагается автоматизировать процесс составления и корректировок графиков ремонта при помощи разработанного автором программного комплекса (ПК) «Smart Planning».

При написании ПК «Smart Planning» учитывалась возможность интеграции программы в имеющиеся корпоративные системы учета (КСУ) «1С: Предприятие» [3]. С этой целью приложение написано на С-подобном языке - C++03; в качестве компилятора под ОС Windows использован Microsoft Visual C++12 [4]. Стандартной библиотекой выступает STLPort [5], что позволит ПК работать на разных платформах, а также избежать программных ошибок, получить возможность отладки и диагностирования случаев неправильного использования компилятора.

Для полной интеграции в существующие КСУ был использованы готовые «движки»: асснт для построения учета, bls для исполнения встроенного языка. Реализацией аллокатора памяти выступает nuke.

В библиотеку ПК «Smart Planning» данные об объектах, требующих ремонта, вносятся посредством использования унифицированных перспективных ГР, что позволяет отказаться от ручного ввода информации и ошибок при годовом планировании. На рисунке 1 представлен пример унифицированной формы перспективного графика ремонта основного оборудования станции.

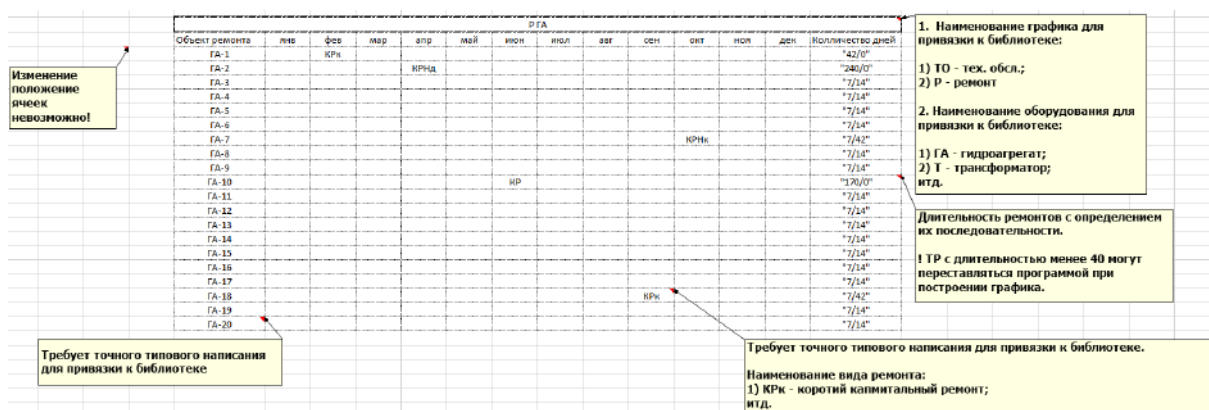


Рис. 1. Унифицированная форма перспективного графика ремонта

К хранящимся в библиотеке объектам ремонта прикреплены условия для проведения типовых работ, которые составляются заранее инженерами ППР и максимально широко охватывают каждый объект ремонта: в какое время года рекомендуется производить ремонт, сколько времени требуется на проведение типовых капитального и текущего ремонтов, максимальное единовременное снижение мощности станции, возможность или

невозможность вывода нескольких секций систем шин в ремонт и многое другое. При этом условия делятся на 2 ступени: 1-ая ступень - обязательные условия, 2-ая ступень с условиями, от которых можно отступать. Так как в библиотеке хранится основная электрическая схема электростанции в виде логических объектов, соединённых между собой, программа объединяет все условия, определенные заранее инженерным составом, и начинает вариативное построение графиков (максимально возможная вариативность при отклонении от условий 2-ой ступени). Из всей вариативности выбирается график с наименьшим числом отклонений и выводится пользователю в виде сетевого графика.

Пример графика с минимальным отклонением, составленным с помощью ПК «Smart Planning», приведен на рисунке 2.

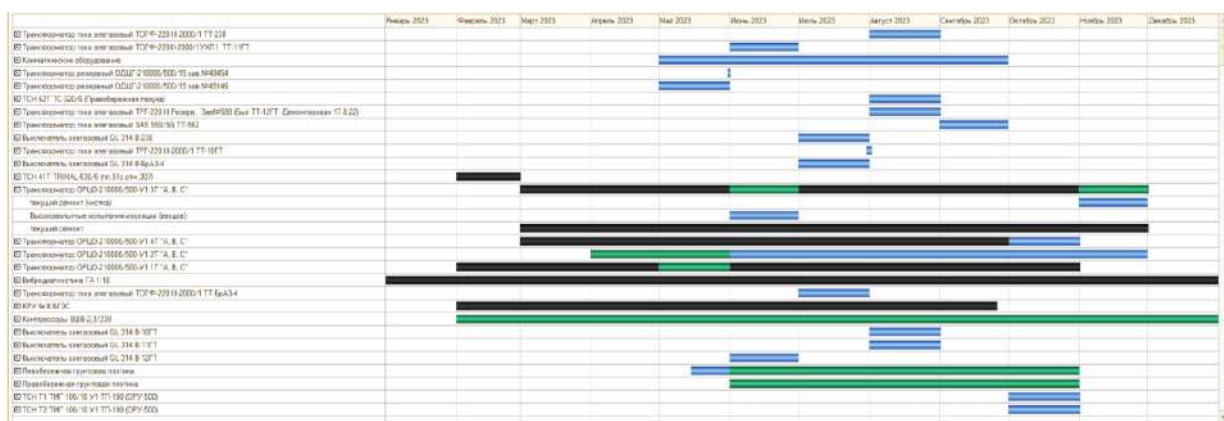


Рис. 2. Пример итогового графика с минимальным отклонением от заданных условий

В сформированном графике, каждый объект ремонта можно скорректировать вручную. Тогда данный ремонт автоматически уходит в условия 1-ой ступени и ГР отстраивается уже по новым данным.

Для удобства использования сетевого графика он может быть представлен с разбивкой по месяцам (рисунок 2) и по дням (рисунок 3). Для визуализации разных видов ремонтных работ, линейные графики отличаются друг от друга по цветам.

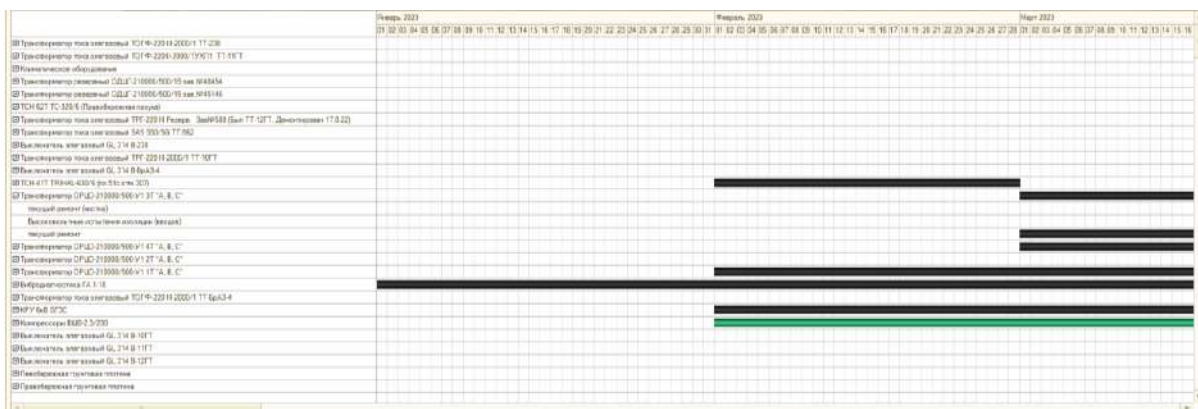


Рис. 3. Итоговый график с разбивкой по дням

Использование ПК «Smart Planning» не только ускоряет процесс формирования графиков, но и исключает возможность ошибок при планировании ремонтов, что напрямую повышает надежность работы электроэнергетических предприятий. В дальнейшем при полной интеграции с КСУ предприятий у ПК будет возможность автоматически вставлять в ГР внеплановые ремонты из электронного журнала дефектов, контролировать исполнение ремонтов через подкрепление к КСУ унифицированных форм актов о выполненных работах (уже используется в КСУ) и формировать графики с учетом неисполнения работ.

Источники

1. Цыганкова М.А. Проект производства работ: учебное пособие / М. А. Цыганкова. – Тюмень: ТИУ, 2019. – 120 с.
2. Приказ Министерства энергетики РФ от 25 октября 2017 г. N 1013 "Об утверждении требований к обеспечению надежности электроэнергетических систем, надежности и безопасности объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок "Правила организации технического обслуживания и ремонта объектов электроэнергетики" (с изменениями и дополнениями) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://base.garant.ru/71907490/?ysclid=levfazwhmr339620427> (дата обращения: 24.02.2023).
3. 1С: Предприятие 8. Система программ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://v8.1c.ru/?> (дата обращения: 24.02.2023).
4. Распространяемый пакет Visual C++ для Visual Studio 2012 Обновление 4 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.microsoft.com/ru-ru/download/details.aspx?id=30679> (дата обращения: 24.02.2023).

5. STLport Documentation Index [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.stlport.com/doc/> (дата обращения: 24.02.2023).

УДК: 621.315.177

ПРИМЕНЕНИЕ БПЛА МУЛЬТИКОПТЕРНОГО ТИПА ПРИ ОСМОТРАХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Д.С. Воробьев¹, М.Ш. Гарифуллин²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

^{1,2}ledok.ne.holodok@gmail.com

В данной работе рассмотрены перспективы применения мультикоптерных беспилотных летательных аппаратов для обследования состояния воздушных линий электропередач (ЛЭП). Даны рекомендации по использованию мультикоптерных аппаратов для контроля состояния ЛЭП.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, мультикоптер, обследование воздушных линий электропередач, выявление дефектов.

USE OF MULTICOPTER TYPE UAV FOR SURVEYING POWER LINES

D.S. Vorobyov¹, M.S. Garifullin²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

^{1,2}ledok.ne.holodok@gmail.com

In this paper, the prospects for the use of multicopter unmanned aerial vehicles for examining the conditions of overhead power lines (TL) are considered. Recommendations are given on the use of multicopter devices for monitoring the state of power lines

Keywords: unmanned aerial vehicles, inspection of electric power facilities, inspection of overhead power lines.

В связи с тем, что от получаемой информации о состоянии ЛЭП зависит надежность электросетевого хозяйства, персонал вынужден регулярно производить визуальный осмотр линии. Он проводится для оценки технического состояний всех объектов сети, для выявления дефектов и повреждений, формирования графика различных ремонтов. Традиционные методы осмотра ранее широко применялись ввиду

отсутствия альтернативных методов, в труднодоступных условиях традиционные методы неэффективны и затратны [1].

В данной статье рассмотрим применение БПЛА типа мультикоптер для диагностики технического состояния воздушной линии (ВЛ) и ее элементов в ходе внеочередных и плановых осмотров, ремонтных и аварийно восстановительных работ. Диагностика с борта мультикоптера применима для решения следующих задач:

- Определение общего технического состояния высоковольтной линии, выявление дефектов и полученных повреждений .
- Определение нарушений по нормам эксплуатации ВЛ.
- Определение нарушений в охранных зонах вокруг ВЛ [2].

Варианты применения беспилотных летательных аппаратов на для осмотра воздушных линий могут выглядеть следующим образом:

- Для выполнения комплексной диагностики на протяженности короткого участка воздушной линии, так же могут использоваться БПЛА мультикоптерного типа. В случае увеличения длины обследуемого участка ВЛ в силу серьезных ограничений во времени и дальности полета квадрокоптера, необходимо использовать другие типы БПЛА.

- Для выявления нарушений в созданных охранных зонах вокруг ВЛ, обнаружения вандалов и фиксации на видео их противоправной деятельности направленной против электроэнергетических объектов так же могут использоваться БПЛА мультикоптерного типа.

- Инженерно-технический персонал, ремонтные бригады оснащаются мультикоптерами для решения собственных локальных задач (см. рисунок). В ходе плановых и внеплановых осмотров ВЛ, при выполнении аварийно-восстановительных работ (например: верховой осмотр ВЛ, выявление повреждений на ВЛ особенно на труднодоступных участках заболоченной или труднопроходимой местности);



Инженерно-технический персонал наблюдает за применением мультикоптерного БПЛА в ходе плановой диагностики ВЛ с использованием аэросъемки

Рекомендуется применение мультикоптерных БПЛА на предприятиях электроэнергетического комплекса для снижения общей себестоимость ежегодных периодических осмотров определения состояния трасс ВЛ, для выявления следующих видов нарушений:

- складирования в охранной зоне ВЛ различных материалов;
- наличия с краю просеки деревьев, которые угрожают падением в сторону ВЛ или ростом веток на недопустимые для этого зоны;
- подтопления водой в охранной зоне по трассе воздушной линии; – присутствия на опорах гнезд птиц, посторонних предметов;
- наличия обрыва фазных проводов либо грозозащитного троса;
- изменения стрелы провеса, расстояния от провода ВЛ до земли, до пересекаемых объектов, м-у фазами до недопустимых значений;
- наличия разрушения стекла или фарфора в изоляторах;
- наличия сколов на тарелках изолятора, повреждение глазури, фарфора, стекла, следов оплавления, механических повреждений.

Подводя итоги, можно сказать, что возможность установки оборудования видео фиксации на мультикоптерные БПЛА, маневренность, способность приближаться к опасным для жизни человека и животных объектам, говорит, что необходимо рассматривать БПЛА, как перспективный способ диагностики электроэнергетического хозяйства. Эффективность применения БПЛА по сравнению с традиционными методами осмотра энергетических объектов представлена и доказана, причем эффективность увеличивается с установкой специального оборудования для осмотра ВЛ [3].

Источники

1. Байков И., Голубев П., Сизых Ю. Применение дистанционных методов при обследовании воздушных линий электропередачи // Электроэнергия. Передача и распределение. 2016. № 1. 56 с.
2. Валиев А. В. Опыт применения БЛА «Птеро Е» для поиска мест аварии на ЛЭП // Кабель № 11. с. 20-21
3. Беляев П. В., Головский А. П. Контроль и осмотр высоковольтных линий электропередач с применением беспилотных летательных аппаратов в условиях крайнего севера // Проблемы машиноведения: сб. тр. Междунар. науч.-техн. конф. Омск, 2019. С. 234–238.

СИСТЕМА АНАЛИЗА ВИБРАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

К.Е. Воробьева¹, В.В.Максимов²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

^{1,2}ksenia1.19@mail.ru

В работе рассмотрена система анализа вибрационных сигналов для диагностики состояния силовых трансформаторов. При проведении анализа вибрационных сигналов различных образцов трансформаторов, была использована система оценки состояния в соответствии с практическими требованиями.

Ключевые слова: вибрации, трансформатор, частота, анализ сигнала, резервуар, сердечник, оценка состояния, диагностика.

VIBRATION SIGNAL ANALYSIS SYSTEM FOR DIAGNOSING THE CONDITION OF POWER TRANSFORMERS

K.E. Vorobyova¹, V.V. Maksimov²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

^{1,2}ksenia1.19@mail.ru

The paper considers a system for analyzing vibration signals for the possibility of diagnosing the state of power transformers. When analyzing the vibration signals of various transformer samples, a condition assessment system was used in accordance with practical requirements.

Keywords: vibration, transformer, frequency, signal analysis, reservoir, core, condition assessment, diagnostics.

Силовой трансформатор — жизненно важный компонент электрической сети. Выход его из строя может привести к серьезным экономическим последствиям, а также отрицательно сказаться на надежности электрической сети [1].

Оценка состояния силового трансформатора с помощью анализа вибраций резервуара получила большой интерес. Задача заключается в изучении и разработке надежных методов, которые позволяют системе анализировать информацию из собранных вибрационных сигналов и согласно им определять данные о состоянии трансформатора. Механизм

вибраций трансформатора настолько сложен, что на результаты влияют не только входные параметры, такие как напряжение, ток и температура, но также и сама конструкция оборудования [2].

Согласно исследованиям, частота вращения большинства двигателей установлена на фиксированном низком значении (обычно 1000 об/мин для масляных насосов). Таким образом, частота вибрации охлаждающих устройств не совпадает с частотой колебаний сердечника и обмотки [3].

Главной причиной колебаний сердечника — явление магнитострикции, которое является свойством ферромагнитных материалов. При этом явлении, материалы меняют форму и размер в магнитном поле. В основном частота вибрации сердечника в два раза превышает частоту энергосистемы (50 Гц). Таким образом, амплитуда вибрации основной частоты пропорциональна напряжению в квадрате. Поскольку магнитострикция является нелинейным явлением, индуцированная вибрация содержит другие гармоники [4].

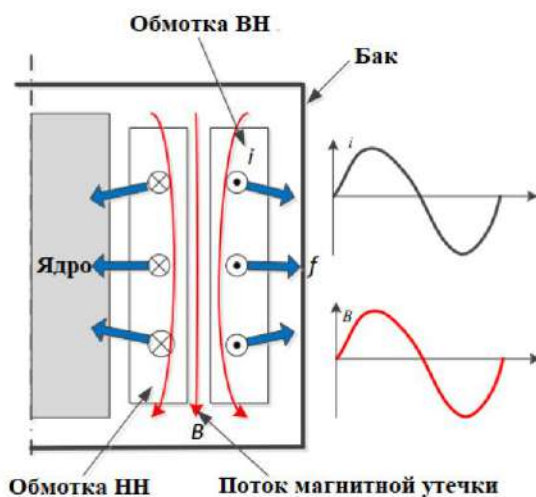


Рис.1. Магнитные силы, действующие на обмотки трансформатора

Если трансформатор находится под нагрузкой, то магнитное поле утечки в баке трансформатора вызывается концентрическими обмотками, как показано на рис. 1. Поскольку ток представляет собой почти синусоидальную волну (50 Гц), частота электромагнитной силы составляет 100 Гц.

Для отображения деталей сигналов вибрации выбраны два типичных трансформатора. Одним из них является исправный трансформатор, который работает всего несколько лет, а другой трансформатор с сильными деформациями обмоток [5].

Согласно теории, вибрация сердечника связана с током и напряжением соответственно. Таким образом, вибрации, полученные из разных мест,

должны иметь схожие характеристики. Рис. 2 и рис. 3 показаны среднеквадратичные значения вибрации для двух трансформаторов (с 8:00 утра до 8:00 вечера). Для четкого отображения результатов выбраны только три местоположения. Очевидно, что тенденция вибрации аналогична, и вибрация колебания незначительна для здорового трансформатора.

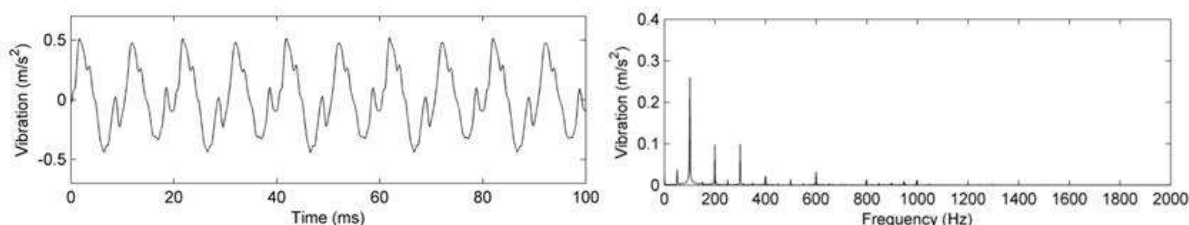


Рис. 2. Показатели вибрации исправного трансформатора

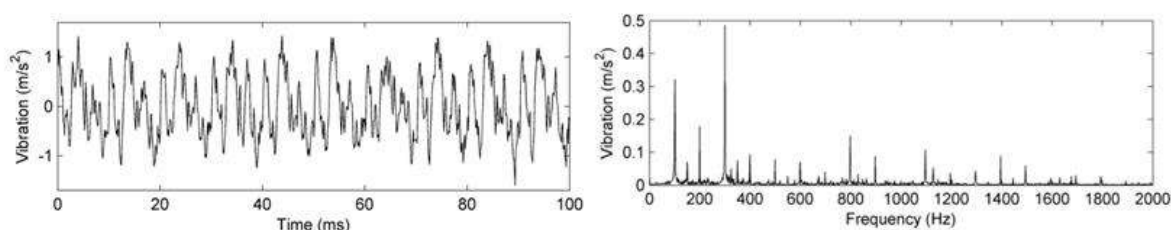


Рис. 3. Показатели вибрации трансформатора с сильными деформациями обмоток

В ходе работы, был проведен целый ряд экспериментов, на основе которых были получены вибрационные сигналы различных образцов трансформаторов. Была предложена система оценки состояния трансформатора в соответствии с практическими требованиями, и пороговыми значениями, которые определяются на основе статистических данных. После анализа всех данных между собой, был сделан вывод, что вибрация от исправного трансформатора является периодическим сигналом, а значимое значение частоты при этом – 100 Гц. Однако повышенная вибрация содержит не только высокочастотные гармоники, но также демонстрирует плохую стационарность в рассматриваемой временной области.

На данный момент описано лишь предварительное исследование вибрационных сигналов для оценки состояния трансформаторов. Чтобы получить более подробную информацию анализа сигналов, необходимо

провести дополнительное обследование и разработать вспомогательное оборудование.

Источники

1. Силовые трансформаторы. Справочная книга: ЭНЕРГОИЗДАТ Под ред. Лизунова С.Д., Лоханина А.К : Москва, 2004, - 616 с.

2. Феоктистов, Д. И. Контроль неисправностей силового трансформатора 110/10 кВ / Д. И. Феоктистов, О. В. Воркунов // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. – 2022. – № 6. – С. 17-20. – EDN GSLJSE.

3. Воркунов, О. В. Диагностика технического состояния силовых трансформаторов напряжением 110 КВ / О. В. Воркунов, Р. Р. Загруддинов // Электрические сети: надежность, безопасность, энергосбережение и экономические аспекты : Материалы международной научно-практической конференции, Казань, 07 апреля 2021 года / Редколлегия: В.В. Максимов (отв. редактор) [и др.]. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. – С. 83-85. – EDN OSCXZT.

4. Электрические машины. Трансформаторы. Асинхронные машины: курс лекций / О.С. Щукин. – Нижневартовск: Нижневартовский государственный университет, 2019. – 109 с.

5. ScienceDirect – Электронные публикации [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://vk.cc/clXiuC> (дата обращения: 25.02.2023).

УДК 621.311.01

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УСТРОЙСТВ КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ПЕРЕДАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ СЕТИ

Д.Р. Галлямов¹, В.В. Максимов¹

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

^{1,2}gallyamovdinar1@gmail.com

Показана возможность использования устройств компенсации реактивной мощности для увеличения пропускной способности линий электропередачи и уменьшения потерь в силовых трансформаторах.

Ключевые слов: компенсаторы реактивной мощности, снижение потерь, токовая нагрузка, линия электропередачи, силовой трансформатор.

THE USE OF REACTIVE POWER COMPENSATION DEVICES TO INCREASE THE TRANSMISSION CAPACITY OF THE TRANSMISSION ELEMENTS OF THE NETWORK

D.R. Gallyamov¹, V.V. Maksimov¹
^{1,2}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
^{1,2}gallyamovdinar1@gmail.com

The possibility of using reactive power compensation devices to increase the capacity of power transmission lines and reduce losses in power transformers is shown.

Keywords: reactive power compensation, current loading, power transmission line, power transformer, loss reduction.

Возможности линий электропередачи ограничены их пропускной способностью, под которой понимается максимальная мощность возможная к передаче с учётом таких заложенных технических ограничений как:

- статической и динамической устойчивости;
- допустимому нагреву проводов;
- максимальным уровням напряжения по концам линий;
- минимально допустимому КПД линии;
- допустимым токам коммутационной аппаратуры

Известно [1], что недостаточность пропускной способности отдельных линий электропередачи, ограничивающая выдачу мощности как в нормальных, так и в аварийных и послеаварийных режимах, есть одна из основных проблем современной отечественной энергетики. В работе [2] предложено режим, в котором наблюдается равенство мощностей электрического и магнитного полей называть сбалансированным по реактивной мощности. Очевидно, что в этом случае система переходит в режим передачи натуральной мощности, который практически недостижим и является теоретическим, что влечёт за собой необходимость в проведении технических мероприятий по генерации или потреблению дефицитной или избыточной реактивной мощности соответственно, что регламентировано специализированными нормативными документами. Российская промышленность выпускает ряд электротехнических устройств компенсации реактивной мощности (УКРМ) с целью выполнения вышеуказанных требований. По физическим принципам работы данные устройства делят на статические и электромашинные. Крайне востребованы в последние годы установки, способные как генерировать,

так и потреблять реактивную мощность. Особо среди них выделяются системы СТАТКОМ и ИРМ на базе УШР [3].

Для оценки влияния УКРМ на параметры электросети были проведены расчёты режимов городского микрорайона 10/0,4 кВ, показавшие, что установка УКРМ приводят к уменьшению потерь на передачу электрической энергии в трансформаторах подстанциях. Наглядные результаты расчётов показаны на гистограмме на рисунке 1:

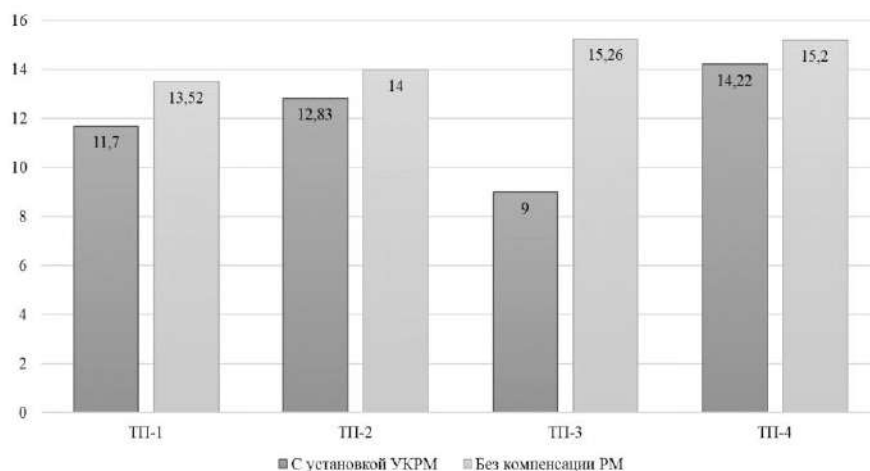


Рис. 1. Изменение потерь активной мощности в КТП (кВт)

Кроме того, установка устройств компенсации реактивной мощности также повышает пропускную способность линий электропередачи, что позволяет использовать кабели с меньшим сечением (см. рис. 2):

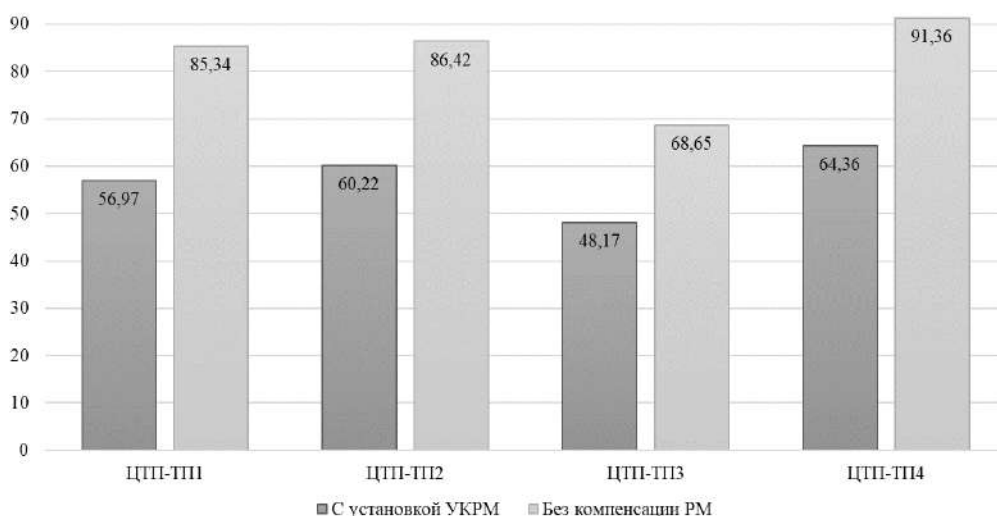


Рис. 2. Изменение рабочих токов кабельных линий (А)

Таким образом дополнительные финансовые вложения в УКРМ позволяют снизить и капитальные затраты на остальные элементы сети и эксплуатационные издержки при работе.

Источники

1. Швайгерн З.В. Компенсация реактивной мощности // Вестник науки и образования. 2020. №7-2 (85).
2. Воркунов О.В. Способы оптимизации режимов электрической сети // Современные тенденции развития науки и мирового сообщества в эпоху цифровизации: Сборник материалов VII Международной научно-практической конференции, Москва, 30 июня 2022 года / Типография Алеф, 2022. – С. 126-131.
3. Паздерин А.В., Мухлынин Н.Д. Поточковая модель оценивания состояния и оптимизации режимов работы распределительных сетей. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2016. (9-10): 3-15.

УДК 621.315.23

ИССЛЕДОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ КАБЕЛЕЙ, ПРОЛОЖЕННЫХ В ТРУБАХ

Л.З. Гатауллина¹, А.Х. Сабитов²
^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
^{1,2}leysan25.07@mail.ru

В данной статье рассмотрены основные причины выхода кабельных линий из строя, испытания оболочки, которые производят после прокладки и монтажа КЛ, рассказывается про полимерные трубы и токопоисковые трубы -ОМП .

Ключевые слова: кабельные линии, полимерные трубы, токопоисковая труба - ОМП, оболочка кабеля

INVESTIGATION AND TESTING OF CABLES LAID IN PIPES

L.Z. Gataullina¹ , A.H. Sabitov²
^{1,2}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
^{1,2}leysan25.07@mail.ru

This article discusses the main reasons for the failure of cable lines, shell tests that are performed after laying and installing the CL, tells about polymer pipes and current-seeking pipes -WMD.

Keywords: cable lines, polymer pipes, search tube -OMP, cable sheath

Из-за своих высоких диэлектрических свойств широко используемые сегодня полимерные трубы не могут надежно тестировать кабели и обнаруживать возможные повреждения. Необходимы технические решения для регистрации повреждений кабеля и точного определения места повреждения (ОМП).

Наиболее крупные электрические соединения между потребителями энергии и источниками энергии выполняются с помощью кабелей. Обычно это система параллельных друг другу кабелей, муфт и крепежей. Повреждение даже в самой малой степени чревато как минимум экономическими потерями [1].

Поданным основных электросетевых компаний России (рис. 1), основными причинами отказов КЛ являются:

- 1) Нарушение технологии монтажа.
- 2) Нарушение технологии монтажа, влияние посторонних лиц и монтажников.
- 3) Эксплуатационные ошибки.
- 4) Воздействие природы и заводские дефекты.

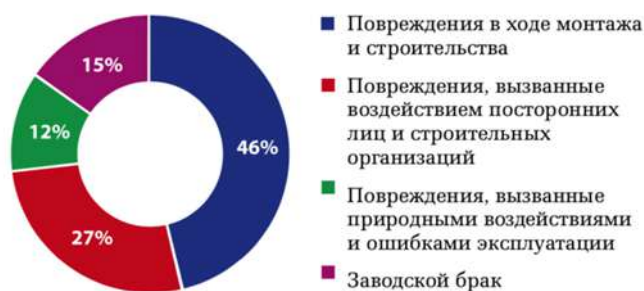


Рис. 1. Причины выхода кабеля из строя [3]

В настоящее время, чтобы как можно быстрее обнаружить повреждения, после прокладки и монтажа кабеля в течение одной минуты проводится испытание оболочки выпрямленным напряжением 10 кВ в соответствии с инструкциями производителя кабеля, как описано в [2]. Это испытание имеет смысл, когда кабель находится в непосредственном контакте с землей и место повреждения оболочки можно проверить на

наличие отклонений, так как ток от испытательной установки течет непосредственно в землю. В настоящее время большинство кабельных каналов имеют стенки из полимерных труб с высоким электрическим сопротивлением, а кабели изолированы от земли. И серьезные повреждения кабелей в таких трубах не могут быть обнаружены с помощью испытаний оболочки (рис. 2).



Рис. 2. Испытания кабеля в обычной трубе [3]

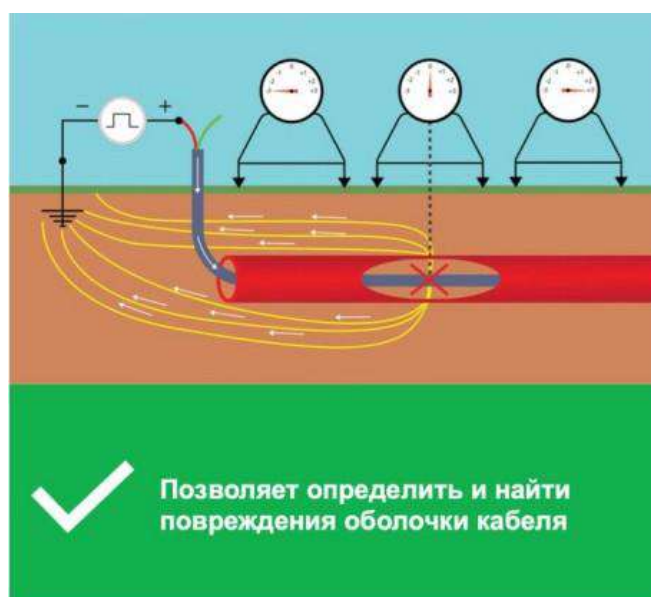


Рис. 3. Испытания кабеля в ОМП-трубе [3]

Для обнаружения и локализации повреждений оболочек кабелей в трубах была разработана специальная токопоисковая труба - ОМП, не имеющая аналогов как на российском, так и на зарубежном рынке. Основной целью данной разработки является повышение надежности КЛ за счет своевременного выявления повреждений оболочки кабеля.

Новое поколение трубок позволяет обнаружить повреждения оболочек кабелей, проложенных в трубах, и определить их точное местоположение на этапе приемо-сдаточных испытаний, что значительно сокращает время и затраты на ремонтно-восстановительные работы. Это связано с тем, что при испытаниях оболочки кабеля на постоянном напряжении 10 кВ токопоисковая труба - ОМП не препятствует прохождению испытательного тока через повреждение оболочки и далее через стенку трубки в окружающий грунт, независимо от глубины залегания линии (рис. 3).

Таким образом, благодаря возможностям локализации повреждений кабеля, использование токопоисковых труб - ОМП по сравнению с полимерными трубами позволяет электросетевым компаниям не только своевременно ремонтировать кабели на этапе строительства и исключить возможность выхода из строя кабельной линии во время эксплуатации, но и сократить объем ремонтно-восстановительных работ и уменьшить перерывы в работе линии.

Источники

1. Самарханова, Р. И. Методы диагностики мест повреждения кабельных линий / Р. И. Самарханова, Д. М. Валиуллина // XVI Всероссийская открытая молодежная научно-практическая конференция «Диспетчеризация и управление в электроэнергетике», Казань, 20–21 октября 2021 года. – Казань: Общество с ограниченной ответственностью "Издательско-полиграфическая компания "Бриг", 2022. – С. 207-208. – EDN ZFEEDH.
2. СТО 56947007-29.060.20.071-2011. Силовые кабельные линии напряжением 110–500 кВ. Условия создания. Нормы и требования. 2011.
3. Халитов В. Р. Повышение надежности кабелей, проложенных в трубах / В. Р. Халитов // Новости ЭлектроТехники. – 2019. – №4. – С. 118 – 119.

КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ГОЛОЛЕДНО- ВЕТРОВЫХ НАГРУЗОК НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Л.З. Гатаулина¹, А.Х. Сабитов²
^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
^{1,2}leysan25.07@mail.ru

В данной статье представлены результаты разработки усовершенствованной системы контроля гололедных и ветровых нагрузок на воздушные линии электропередач с использованием датчиков веса и предложена комплексная система контроля образования гололеда.

Ключевые слова: гололед, гололедообразование, весовые датчики, локационный мониторинг, воздушные линии электропередачи

INTEGRATED SYSTEM FOR MONITORING ICE AND WIND LOADS ON OVERHEAD LINES ELECTRICITY TRANSMISSIONS

L.Z. Gataullina¹, A.H. Sabitov²
^{1,2}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
^{1,2}leysan25.07@mail.ru

This article presents the results of the development of an improved system for monitoring ice and wind loads on air power lines by means of weight sensors and proposes a comprehensive system for monitoring ice formation.

Keywords: ice, ice formation, weight sensors, location monitoring, overhead power lines

Для повышения надежности энергосистем в условиях гололедообразования целесообразно применить комплексную систему мониторинга, сочетающую мониторинг с помощью весовых датчиков и локационный мониторинг.

Мониторинг с помощью весовых датчиков необходим для определения веса льда за определенный промежуток времени. Информация из этой системы анализируется и используется для определения режима плавления (схема, ток и время плавления). Посты мониторинга льда будут

установлены на участках воздушной линии, где вероятно образование льда. Системы мониторинга местоположения будут внедрены на ряде воздушных линий, охватывающих определенную географическую зону, ограниченную режимом плавки льда [1].

Принципы работы комплексной системы.

1. Информация с районной метеорологической станции анализируется и посылаются сигналы, инициирующие опрос системы локационного мониторинга при срабатывании параметров температуры, влажности и ветра.

2. Из системы мониторинга на месте посылается сигнал о начале образования льда и его географическом направлении. Этот сигнал является настройкой по умолчанию для инициирования опроса системы мониторинга с помощью датчика веса.

3. Датчик веса определяет режим плавления. Сигнал датчика веса передается «Диспетчер» ОИК для указания диспетчеру организации плавки.

4. По окончании оттепели система позиционирования предоставит информацию об отсутствии льда.

Алгоритмы, записанные графически, могут быть представлены в виде блок-схем (см. рис.).



Блок-схема алгоритма работы комплексной системы мониторинга [2]

Применение этих двух методов мониторинга повышает уровень управляемости, наблюдаемости и прогнозируемости процесса гололедообразования на воздушных линиях электропередачи.

Разработка систем контроля гололедно-ветровой нагрузки на ВЛ с использованием весовых датчиков отличается применением более современной элементной инфраструктуры и тем, что информация от СКГН передается и отображается непосредственно в стандартном программном комплексе «Диспетчер» электросетевой компании ОИК без промежуточных серверов сбора, приемных модемов и дополнительного программного обеспечения. Отличие заключается в том, что информация передается и отображается непосредственно в стандартном программном комплексе «Диспетчер» электросетевой компании без промежуточного сервера сбора, приемного модема или дополнительного программного обеспечения [3].

Предлагаемая интегрированная система контроля гололеда характеризуется использованием как локального, так и взвешенного методов контроля гололедной нагрузки, что увеличивает зону контроля СКГН и снижает погрешности измерений.

Источники

1. Пат. на полезную модель № 107412. МПК H02G 7/16. Система контроля гололедно-ветровых нагрузок / Ф. Р. Исмагилов, С. В. Зайцев, А. Ю. Елизарьев. Опубл.: 10.08.2011. Бюл. № 22.

2. А. с. 1390682. МПК H02G 7/16. Линия электропередачи с устройством для обнаружения гололеда на ее проводах / Р. В. Шнелль, И. В. Абрамов, А. С. Козырев, Э. Н. Куфа, В. Н. Радиков. Опубл. 23.04.88. Бюл. № 15.

3. А. с. 1159099. МПК H02G 7/16. Способ обнаружения гололеда на проводах линий электропередач / Р. В. Шнелль, И. В. Абрамов, Э. Н. Куфа. Опубл. 30.05.85, Бюл. № 20.

УСТРОЙСТВО ДЛЯ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВЛ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Г.Р. Губайдуллин

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Х. Сабитов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

mrgumarka7@gmail.com

В данном тезисе рассматривается возможность использования устройства для мониторинга технического состояния ВЛ в режиме реального времени.

Ключевые слова: устройство, мониторинг, воздушные линии.

DEVICE FOR REAL-TIME MONITORING OF THE TECHNICAL CONDITION OF THE OVERHEAD LINE

G.R. Gubaydullin

KSPEU, Kazan, Russia

mrgumarka7@gmail.com

This thesis considers the possibility of using the device for monitoring the technical condition of overhead lines in real time.

Keywords: device, monitoring, overhead lines.

Заблаговременное обнаружение причин дефектов и аварий, а также контроль эффективности работы линий электропередачи (ЛЭП) являются важной задачей для повышения надежности и экономичности электроснабжения. Осенне-зимний период является сложным для осмотра воздушных линий электропередач (ВЛ). Погодные условия значительно повышают время завершения ремонтно-восстановительных работ [1].

Действующие ЛЭП в Российской Федерации не имеют современных способов мониторинга в режиме реального времени, что является следствием увеличения продолжительности поиска и устранения дефектов. В настоящее время основным способом оценки состояния ЛЭП являются визуальные осмотры, которые выполняются персоналом при выездах. Данный тип оценки ВЛ является устаревшим и непригодным, из-за субъективных визуальных оценок персонала, а также неправильного выбора параметров, по которым оценивают состояния линий

электропередач. При наличии систем диагностики ВЛ многие аварии можно предотвращать. Проблема отсутствия современных систем мониторинга ВЛ и, как следствие, методик интерпретации результатов мониторинга до сих пор остается не решенной [2]. Однако устройство для мониторинга технического состояния ВЛ в режиме реального времени может заранее увидеть причины, по которым линия электропередачи может выйти из строя и предотвратить аварию на линии [3].

Устройство имеет следующий функционал:

- определение мест и характера короткого замыкания;
- контроль гололёдно-изморозевых отложений;
- определение механических нагрузок на провода;
- фиксирование высокочастотных электромагнитных коммутаций;
- выявление вандальных действий;
- отправка уведомлений о дефектах в диспетчерский пункт.

Устройство для мониторинга технического состояния ВЛ в режиме реального содержит: датчики ускорения, температуры, влажности, тока, модуль навигации, модуль регистрации ВЧ ЭМИ, микропроцессор, в приемопередатчик, блока питания, накопитель электроэнергии, а также антивандальный модуль в виде датчика вибраций и микрофона.

Прибор работает следующим образом. Информация о начале гололедообразования на проводах определяется датчиками температуры и влажности, обрабатывается управляющим микропроцессором и затем передается на диспетчерский пульт.

Для определения провиса фазного провода и для надежности в устройстве используются датчики ускорения. Сигналы поступают к микропроцессору, где сравниваются с заложенными заранее в программу величинами и поступают в приемопередатчик, и по радиоканалу передается на диспетчерский пульт [4].

Модуль регистрации ВЧ ЭМИ фиксирует ВЧ ЭМИ от разрядов, также вместе с датчиком тока определяют обрыв, КЗ, ОЗЗ, проводов ВЛ и отслеживают их распространение по ВЛ, а также осуществляют локализацию пролетов ВЛ с дефектами [5].

Блок питания питается от отбора мощности с электростатической составляющей электромагнитного поля, питая электроэнергией устройство для мониторинга технического состояния ВЛ в режиме реального времени и накопитель электроэнергии. Энергия, запасенная в накопителе, в дальнейшем может быть использована для электроснабжения схемы устройства при перебоях с электропитанием [6].

Таким образом, устройство для мониторинга технического состояния ВЛ в режиме реального времени позволяет заранее выявлять дефекты на ВЛ, а также может контролировать и передавать информацию на диспетчерский пульт, что значительно повышает эффективность и надежность электроснабжения.

Источники

1. Губарев Н.А., Сабитов А.Х. Устройства диагностики и осмотра электрооборудования и электроустановок подстанций роботизированными системами // Тинчуринские чтения - 2020 "Энергетика и цифровая трансформация": Материалы Международной молодежной научной конференции. 2020. Том 1. С. 22-25.

2. Современные технологии мониторинга воздушных электросетей ЛЭП [Электронный ресурс]. URL: [https://controlengrussia.com/otraslevyeresheniya/sovremennyye-tehnologii-monitoringa-vozdushny-h-e-lektrosetej-le-p/](https://controlengrussia.com/otraslevyeresheniya/sovremennyye-tehnologii-monitoringa-vozdushnykh-elektrosetey-lep/) (дата обращения 27.02.23).

3. Акуличев В.О., Бредихин А.С., Мурашев Б.А., Середкин О.А. Разработка системы непрерывного мониторинга воздушных линий электропередачи в автоматическом режиме // Электроэнергия. Передача и распределение: журнал. Москва, 2021. С. 94–97.

4. Ярославский Д.А., Садыков М.Ф. Разработка устройства для системы мониторинга и количественного контроля гололёдообразования на воздушных линиях электропередачи // Проблемы энергетики. 2017;19 (3-4). С. 69-79.

5. Минуллин Р.Г., Писковацкий Ю.В., Касимов В.А., Мустафин Р.Г., Виноградов В.Ю. Определение места повреждения локационным методом на линиях электропередачи с ответвлениями // Вестник КГЭУ. 2021. Т.13 № 3. С. 69-80.

6. Мониторинг воздушных линий электропередач [Электронный ресурс]. URL: <https://www.serviceenergy.ru/solutions/resheniya-dlya-lep/monitoring-vozdushnykh-linij-elektroperedach/> (дата обращения 27.02.2023).

СРАВНЕНИЕ СХЕМ СОЕДИНЕНИЯ ОБМОТОК ТРАНСФОРМАТОРА 10/0,4 КВ В MATLAB SIMULINK

А.Ф. Зиангиров¹, И.И. Вахитов², А.Х. Сабитов³

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

¹zinaydar@mail.ru, ²ilsafwah16@mail.ru, ³sabitov_ah@mail.ru

В статье приведен результат сравнения схем соединения обмоток «звезда – звезда с нулем» и «треугольник – звезда с нулем» при симметричных и несимметричных нагрузках.

Ключевые слова: силовой трансформатор, электроэнергетическая система, распределительная сеть, несимметричная нагрузка, симметричная нагрузка, схема соединения обмоток, MATLAB Simulink, источник питания, трансформатор напряжения.

COMPARISON OF 10/0.4 KV TRANSFORMER WINDING CONNECTION DIAGRAM IN MATLAB SIMULINK

A.F. Zianguirov¹, I.I. Vakhitov², A. Kh. Sabitov³

^{1,2,3}KSPEU, Kazan, Russia

¹zinaydar@mail.ru, ²ilsafwah16@mail.ru, ³sabitov_ah@mail.ru

The article presents the result of comparing the connection schemes of the windings "star - star with zero" and "triangle - star with zero" for symmetrical and asymmetric loads.

Keywords: power transformer, electric power system, distribution network, unbalanced load, symmetrical load, winding connection diagram, MATLAB Simulink, power supply, voltage transformer.

Силовой трансформатор является одним из главных элементов электроэнергетической системы, которая предназначена для преобразования электрического тока одного напряжения в другое с целью снижения потерь при передаче электрической энергии на дальние расстояния. Самыми распространенными являются трансформаторы 10/0,4 кВ, которые устанавливаются в распределительных сетях [1].

Одним из причин потерь электроэнергии, а также ухудшения качества выходного напряжения, является режим несимметричной

нагрузки. И огромное влияние на это оказывает схема соединения обмоток трансформатора [2].

Трансформаторы 10/0,4 кВ могут изготавливаться со следующими схемами соединения обмоток:

- звезда – звезда с нулем (Y-Y₀);
- треугольник – звезда с нулем (Δ-Y₀);
- звезда – зигзаг с нулем (Y-Z₀) [3].

Для определения зависимости напряжения от нагрузки в сети 0,4 кВ была использована программа для моделирования MATLAB Simulink. В ней была построена схема распределительной сети, в которой были заложены следующие элементы (см. рисунок 1):

- трехфазный источник питания 10 кВ частотой 50 Гц;
- силовой трансформатор напряжения с номинальной мощностью 250 кВА и с коэффициентом трансформации 10/0,4;
- к каждой фазе (фаза «А», фаза «В» и фаза «С») подключены по 10 потребителей, расстояния между которыми составляют 100 м;
- измерительные трансформаторы напряжения.

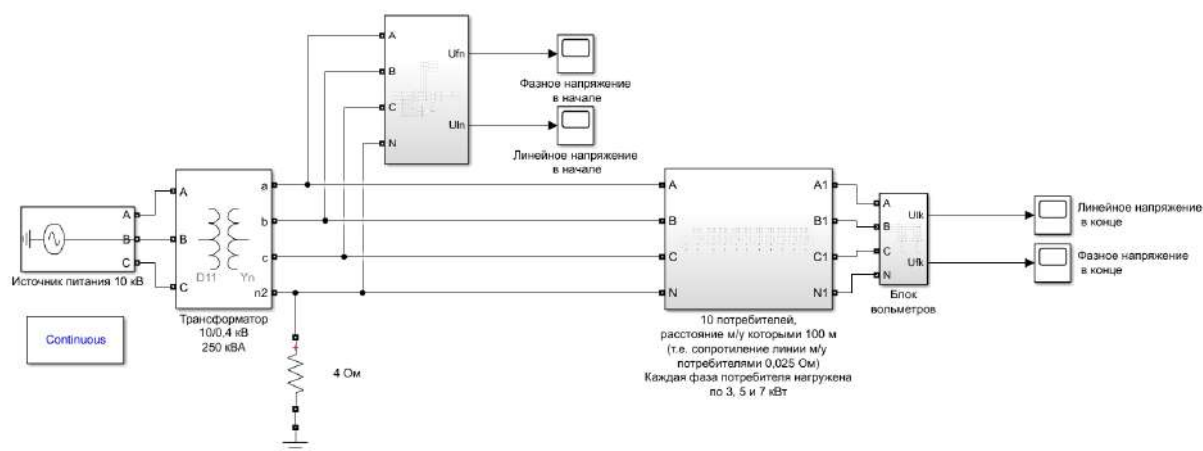


Рис. 1 Схема распределительной сети в MATLAB Simulink

Провели сравнение фазных напряжений на выводах трансформатора при соединении его обмоток «звезда – звезда с нулем» и «треугольник – звезда с нулем» при несимметричных и симметричных нагрузках (при несимметричных нагрузках фазу «А» нагрузили потребителями мощностью по 3 кВт каждый, фазу «В» – по 5 кВт, фазу «С» – по 7 кВт; при симметричных нагрузках все фазы загрузили потребителями мощностью по 5 кВт) [4].

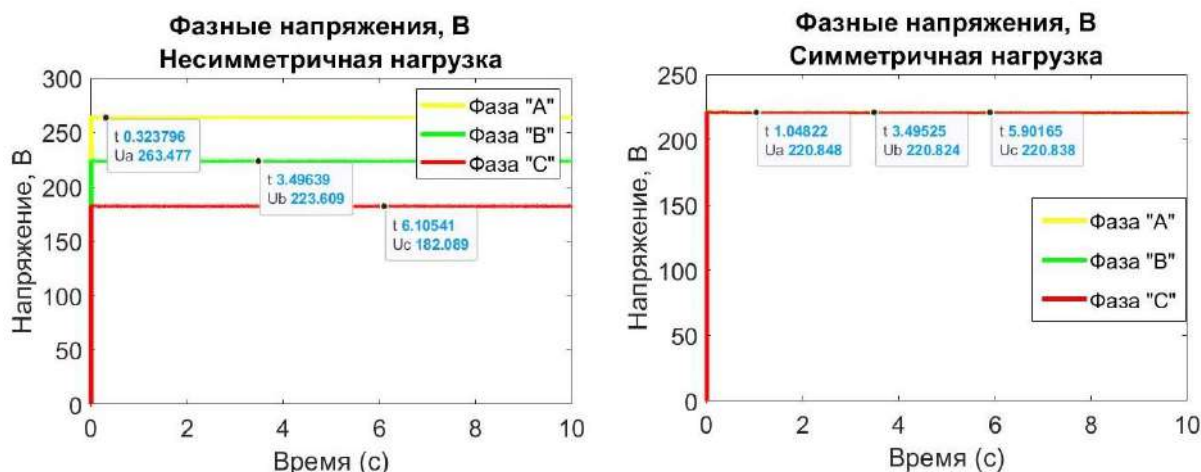


Рис. 2. Фазные напряжения на выводах трансформатора при схеме соединения обмоток «звезда – звезда с нулем»

Из графика напряжений при схеме соединения обмоток «звезда – звезда с нулем» (см. рисунок 2) видно, что фазные напряжения при несимметричных нагрузках сильно разнятся ($U_a=263$ В, $U_b=224$ В, $U_c=182$ В), тогда как допустимые значения напряжений составляют в промежутке 198-242 В [2]. Однако при симметричных нагрузках напряжения приблизительно равны 220 В.

При схеме соединения обмоток «треугольник – звезда с нулем» (см. рисунок 3) все три фазные напряжения приблизительно равны (221-223 В) и находятся в допустимых пределах и при несимметричных, и при симметричных нагрузках [5].

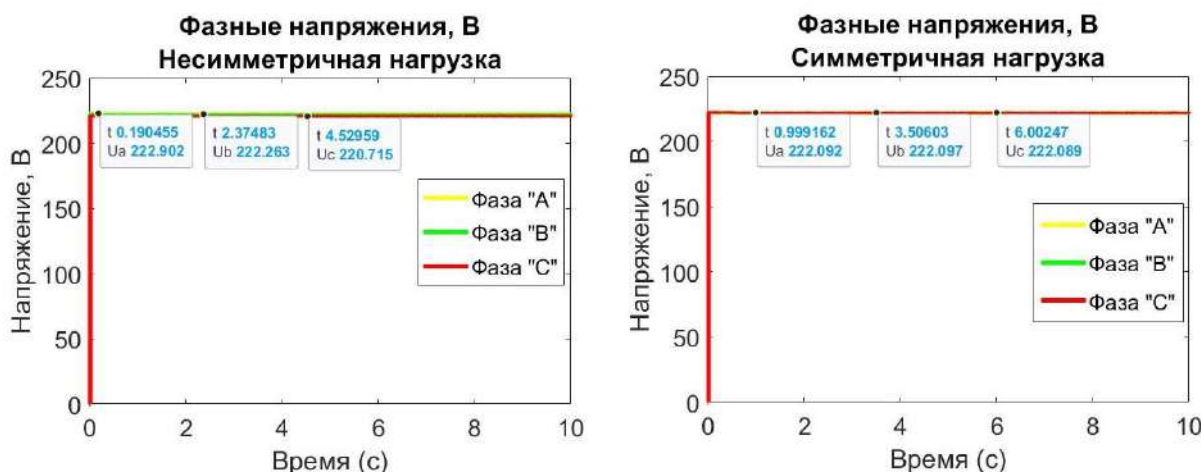


Рис. 3. Фазные напряжения на выводах трансформатора при схеме соединения обмоток «треугольник – звезда с нулем»

По результатам моделирования можно сделать вывод о том, что схема соединения обмоток «звезда – звезда с нулем» применима только при симметричных нагрузках, в то время как схема «треугольник – звезда с нулем» универсальна и может применяться при симметричных и несимметричных нагрузках.

Источники

1. 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.

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

3. Е.А. Каминский «Звезда, треугольник, зигзаг». 3-е издание. Москва, «энергия», 1973 г.

4. Разработка алгоритма симметрирования нагрузок в сетях 0,4 кВ при распределенной нагрузке вдоль линии / Л. Куок Кыонг, А. М. Маклецов, А. Альзаккар [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2022. – Т. 24. – № 2. – С. 87-97. – DOI 10.30724/1998-9903-2022-24-2-87-97. – EDN BQYNEH.

5. Воркунов, О. В. Диагностика технического состояния силовых трансформаторов напряжением 110 КВ / О. В. Воркунов, Р. Р. Загруддинов // Электрические сети: надежность, безопасность, энергосбережение и экономические аспекты : Материалы международной научно-практической конференции, Казань, 07 апреля 2021 года / Редколлегия: В.В. Максимов (отв. редактор) [и др.]. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. – С. 83-85. – EDN OSCXZT.

ВИЗУАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА

Э.Р. Иксанова¹, Д.М. Валиуллина², В.К. Козлов³
^{1,2,3}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
^{1,2,3}elviraiksanova@list.ru

Цель работы состояла в анализе составляющих погрешности измерений координат цветности двумя способами. Для снижения погрешности измерений координат цветности требовалось не только качественно описать и количественно оценить все составляющие, но и на всех фотографиях выбрать одинаковые по размеру и месторасположению точки для определения координат RGB.

Ключевые слова: трансформаторное масло, визуальный способ, координаты цветности, среднее отклонение.

VISUAL RESEARCH OF TRANSFORMER OIL CHARACTERISTICS

E.R. Iksanova¹, D.M. Valiullina², V.K. Kozlov³
^{1,2,3}KSPEU, Kazan, Russia
^{1,2,3}elviraiksanova@list.ru

The purpose of the work was to analyze the components of the measurement error of chromaticity coordinates in two ways. In order to reduce the measurement error of the chromaticity coordinates, it was necessary not only to describe and quantify all the components qualitatively, but also to select points of the same size and location in all photos to determine the RGB coordinates.

Keywords: transformer oil, visual method, color coordinates, average deviation.

Трансформаторное масло (ТМ) является основным элементом стабильной работы высоковольтных силовых трансформаторов, да и электроэнергетических систем в целом. Деградация ТМ оказывает значительное влияние на сроки и условия эксплуатации, поэтому рассмотрим анализ масла визуальным способом [1-2]. Для этого в первую очередь необходимо определить координаты цветности с наименьшей погрешностью.

В данной работе для исследования были использованы 15 различных образцов ТМ и 4 источника света: зеленый, красный, фиолетовый, белый. Опыт проводился согласно схеме, представленной на рисунке.

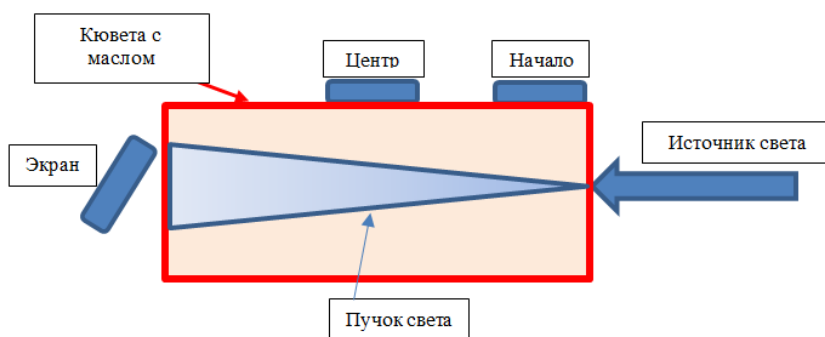


Таблица 1

Освещение зеленым светом (начало)

№	Среднее арифметическое значение			Дисперсия			Среднее квадратическое отклонение		
	R	G	B	R	G	B	R	G	B
1	238,25	237,50	78,75	96,92	307,00	1 984,92	9,84	17,52	44,55
2	241,25	219,00	54,25	84,92	1 405,33	4 301,58	9,22	37,49	65,59
3	245,25	233,25	112,75	116,92	354,25	3 688,25	10,81	18,82	60,73
4	127,25	184,75	32,75	2 810,92	1 807,58	556,92	53,02	42,52	23,60
5	158,50	180,00	22,50	3 913,67	2 839,33	461,67	62,56	53,29	21,49
6	131,50	205,50	48,50	6 217,67	1 508,33	2 293,67	78,85	38,84	47,89
7	201,50	221,25	66,00	2 015,00	1 046,92	5 068,67	44,89	32,36	71,19
8	214,25	224,25	67,50	1 154,25	569,58	4 179,00	33,97	23,87	64,65
9	234,00	244,00	123,00	588,00	136,67	8 267,33	24,25	11,69	90,92
10	241,25	228,75	76,00	64,92	216,25	2 766,00	8,06	14,71	52,59
11	214,00	226,50	54,75	2 004,67	685,67	7 230,25	44,77	26,19	85,03
12	199,50	224,50	80,25	3 531,67	711,00	7 303,58	59,43	26,66	85,46
13	211,25	214,00	35,00	1 117,58	686,00	1 896,67	33,43	26,19	43,55
14	58,00	151,50	17,75	848,67	3 065,67	701,58	29,13	55,37	26,49
15	125,25	182,50	34,25	6 456,92	929,67	1 460,92	80,35	30,49	38,22

В первом случае каждый участник по своим фото определил координаты RGB в трех местах: начале, середине и на экране. Все участники определяли координаты в программе №1 [3]. Единственное, что могло немного отличаться – это размер и расположение точки, на месте которой находились координаты. Далее произошёл сбор каждым участником исследования координат ТМ и расчёт среднего арифметического значения, дисперсии и среднего квадратического отклонения. Результаты определения значений в начале луча при пропускании узконаправленного зеленого света приведены в таблице 1.

Во втором случае один человек получил фотографии со всех телефонов и самостоятельно определил координаты цветности. Затем также провел необходимые расчеты. В данном случае размеры точек были одинаковые. Координаты цвета определялись в программе №2 [4]. Результаты приведены в таблице 2.

Как можно заметить, при проведении исследования во втором случае значения получаются с меньшей погрешностью. Это может быть связано с выбором одного размера и месторасположением точек, в которых определялись координаты цветности.

Таблица 2.

Освещение зеленым светом (начало)

№	Среднее арифметическое значение			Дисперсия			Среднее квадратическое отклонение		
	R	G	B	R	G	B	R	G	B
1	208,75	195,00	30,00	2 136,92	4 246,67	840,67	46,23	65,17	28,99
2	238,75	213,00	52,50	580,25	3 318,00	2 605,67	24,09	57,60	51,05
3	245,25	232,00	81,00	140,92	438,67	2 271,33	11,87	20,94	47,66
4	95,75	117,25	23,50	1 188,92	684,92	193,67	34,48	26,17	13,92
5	112,25	132,00	15,75	4 968,25	2 802,00	202,92	70,49	52,93	14,24
6	110,50	154,50	13,25	4 372,33	3 341,67	92,92	66,12	57,81	9,64
7	163,50	181,00	27,25	3 349,67	2 030,00	514,25	57,88	45,06	22,68
8	207,50	216,25	54,75	2 025,67	1 322,25	2 677,58	45,01	36,36	51,75
9	228,25	222,00	37,50	436,25	471,33	2 345,67	20,89	21,71	48,43
10	216,75	198,75	28,50	422,92	692,25	931,00	20,56	26,31	30,51
11	180,00	192,00	39,00	1 748,67	2 131,33	4 450,00	41,82	46,17	66,71
12	161,75	178,75	27,00	726,92	1 175,58	983,33	26,96	34,29	31,36
13	173,00	164,50	21,00	50,00	8,33	944,67	7,07	2,89	30,74
14	54,75	137,00	30,50	156,25	678,00	661,67	12,50	26,04	25,72
15	58,25	136,00	19,25	740,92	2 094,67	395,58	27,22	45,77	19,89

Источники

1. Валиуллина Д.М., Ильясова Ю.К., Козлов В.К. Качественные методы спектрального анализа в диагностике трансформаторных масел // ИЗВУЗ. Проблемы энергетики. 2019. Т. 21. № 1-2. С. 87-92.

2. Валиуллина Д.М., Ильясова Ю.К., Козлов В.К. Определение характеристик трансформаторного масла спектральным методом // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2021. Т. 13. № 1(49). С. 66-74.

3. Интернет ресурс: <https://ru.inettools.net/image/opredelit-tsvet-piksela-na-kartinke-onlayn> (дата обращения: 04.01.2023)

4. Интернет ресурс: <https://gradients.app/ru/colorpicker> (дата обращения: 16.01.2023)

УДК 621.31

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИММЕТРИРОВАНИЯ СЕТЕЙ 0,4 КВ

М.В. Казка¹, А.М. Маклецов², Лыу Куок Кыонг³, С.О. Каминский⁴

^{1,2,3,4}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹nesnacomec97@mail.ru, ²mac.am@mail.ru, ³lquong.nute@gmail.com,

⁴wolf19980202@gmail.com

В работе рассмотрена эффективность применения симметрирующих трансформаторов ЗУИ фирмы BLOCK.

Ключевые слова: симметрирующие трансформаторы, несимметрия, самосимметрирование, потери мощности.

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF THE SYMMETRY OF 0.4 KV NETWORKS

M.V. Kazka¹, A.M. Makletsov², Kyu Kuok Vyong³, S.O. Kaminsky⁴

^{1,2,3,4}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹nesnacomec97@mail.ru, ²mac.am@mail.ru, ³lquong.nute@gmail.com,

⁴wolf19980202@gmail.com

The paper considers the use of a symmetrical transformer ЗУИ by BLOCK.

Keywords: symmetrical transformers, asymmetry, self-symmetry, power loss.

Симметрирующий трансформатор – это электрический аппарат, предназначенный для уменьшения несимметрии фазных напряжений и токов в трехфазных ЛЭП, приводящей к дополнительным потерям электроэнергии.

На рисунке 1 представлена схема включения трансформаторов ЗУИ/BLOCK [1], позволяющих осуществлять 100%-ое симметрирование фазных нагрузок, полностью исключая дополнительные потери от несимметрии этих нагрузок [2].

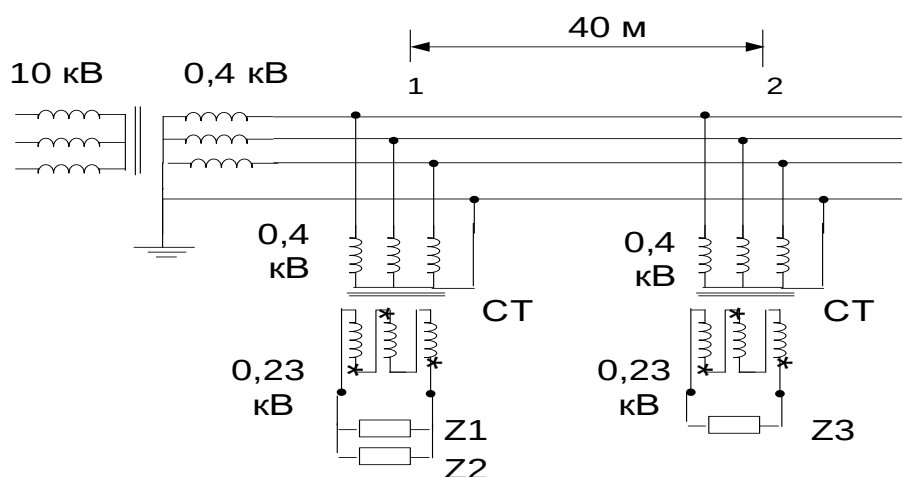


Рис.1. Схема сети 0,4кВ с симметрирующими трансформаторами СТ: 1,2. – номера опор ЛЭП; Z1, Z2, Z3 – однофазные нагрузки

Произведем расчет величины снижения дополнительных потерь электроэнергии с применением программного обеспечения [3], определяя коэффициент несимметрии по формуле: $K_{нс} = \frac{I_a^2 + I_b^2 + I_c^2}{I_{cp}^2}$, где в числителе указаны фазные токи, а в знаменателе – среднее значение этих токов.

Результаты расчетов записаны в таблице 1 и представлены на графике рис.2.

Расчетные параметры нормального режима

$K_{нс}$		.0013	.0053	.0125	.0228	.0353	.0496	.0730	.0999	.1328
$I_{A1}(A)$	48,9	42	35,1	28,1	21	13,9	06,8	9,4	2,3	4,9
$I_{B1}(A)$	48,9	48,9	48,9	48,9	48,9	48,9	48,9	48,9	48,9	48,9
$I_{C1}(A)$	48,9	55,7	62,5	69,2	75,9	5,2	89,1	95,6	02,1	08,5
$I_{N1}(A)$		1,9	3,7	5,6	1,4	9,3	1,1	2,9	4,7	06,5
dP(Вт)	457	478	538	639	781	963	185	447	750	093

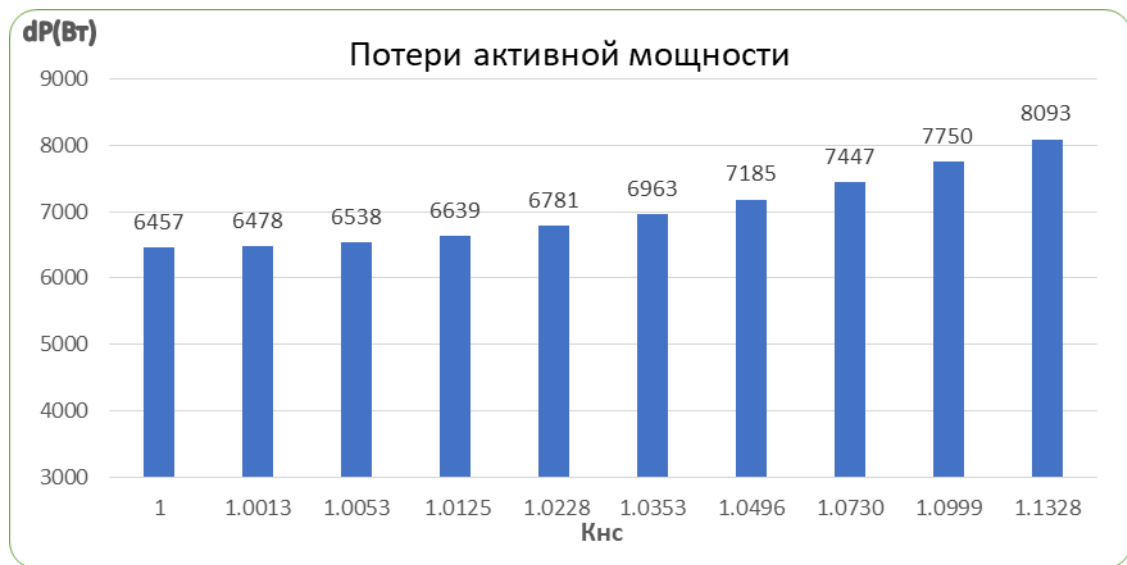


Рис. 2. Потери мощности в ЛЭП при разной степени несимметрии нагрузок

Общее потребление составляет примерно 80 кВт, из которых около 6-8 кВт - потери на участках ЛЭП. Потери из-за несимметрии достигают 1636 Вт, что видно из данных, представленных на рис.2.

Трансформаторы 3UI исключают потери от несимметрии, однако, при собственном КПД, равном 98%, вызывают дополнительные потери, около 1500 Вт, что практически равно сэкономленной за счет симметрирования электроэнергии. Поэтому эффективность применения рассматриваемой схемы симметрирования должна определяться с учетом других положительных свойств этой схемы:

- исключение вероятностных финансовых рисков из-за выхода из строя электроприемников потребителей при неизбежных перенапряжениях, вызванных обрывом нулевого провода в сетях с несимметричными нагрузками;
- повышение безопасности жизнедеятельности потребителей при указанных перенапряжениях;
- повышение эффективности функционирования трехфазных симметричных потребителей;
- повышение надежности электроснабжения потребителей;
- повышение качества электроэнергии.

Корректный учет вышеперечисленных свойств составляет отдельную большую задачу, связанную со сбором значительного количества статистического материала и использования вероятностных методов.

Источники

1. Трансформаторы 3UI/BLOCK. Электронный ресурс: <https://www.mege.ru/upload/BLOCK/docs/%D0203UI.pdf>
2. Казка М.В. Симметрирование фазных токов и напряжений в сетях 0,4 кВ / Казка М.В., Маклецов А.М., Лыу Куок Кыонг. Материалы третьей Республиканской научно-практической конференции «СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ» 24 декабря 2022 года. [Электронное издание]. – Худжанд: ХПИТТУ, 2022. – 433 с.
3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022619532 Российская Федерация. Программа оптимизации работы трехфазной четырехпроводной электрической сети : № 2022618431 : заявл. 06.05.2022 : опубл. 23.05.2022 / А. М. Маклецов, В. В. Максимов, О. Е. Куракина [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет». – EDN DWKATR.

УДК 621.316

АРХИТЕКТУРА СЕТЕЙ MICROGRID

С.О. Каминский¹, Р.Н. Мухаметжанов², М.В. Казка³, Н.Н.Хамидуллин⁴

Науч. рук. д-р. техн. наук проф. М.Ш. Гарифуллин

^{1,2,3,4}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹wolf19980202@gmail.com, ²ruustem@yandex.ru, ³nesnacomec97@mail.ru,

⁴feniks.nafis@mail.ru

В работе рассматривается использование распределенной генерации во всем мире, в частности в Российской Федерации, для снижения тарифов на электроэнергию и повышению независимости. Представлены архитектуры систем MicroGrid для управления распределенной генерацией от возобновляемых источников энергии с четырьмя основными типами сетей. Подчеркивается важность тщательного рассмотрения компонентов сети и физического расположения при разработке эффективной и надежной программы управления MicroGrid.

Ключевые слова: сети, распределенная генерация, архитектура сетей, MicroGrid.

MICROGRID NETWORK ARCHITECTURE

S.O. Kaminsky¹, R.N. Mukhametzhanov², M.V. Kazka³, N.N. Khamidullin⁴

^{1,2,3,4}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹wolf19980202@gmail.com, ²ruustem@yandex.ru, ³nesnacomec97@mail.ru,

⁴feniks.nafis@mail.ru

The paper examines the use of distributed generation worldwide, particularly in the Russian Federation, to reduce electricity tariffs and increase independence. MicroGrid system architectures for managing distributed generation from renewable energy sources with four main grid types are presented. The importance of careful consideration of grid components and physical location in designing an efficient and reliable MicroGrid management programme is highlighted.

Keywords: networks, distributed generation, network architecture, MicroGrid.

Во всем мире включая Российскую федерацию идет увеличение распределенной генерации, что во многих случаях позволяет помимо независимости во многих случаях снизить стоимость тарифов на электроэнергию [1]. Системы MicroGrid предназначены для управления распределенной генерацией, связанных с ростом использования возобновляемых источников энергии. При создании программы управления для MicroGrid важно учитывать сетевые компоненты и их физическое размещение, чтобы обеспечить эффективную работу. Сетевую архитектуру MicroGrid можно разделить на четыре основных типа [2,3]:

- Автономная сеть MicroGrid,
- Сеть MicroGrid с параллельным режимом работы,
- Промышленная сеть MicroGrid,
- Аварийная сеть MicroGrid.

Понимание этих различных типов сетей MicroGrid может помочь в выборе наилучшего варианта управления для конкретной архитектуры.

Автономная сеть MicroGrid — это автономная энергосистема, работающая независимо от основной сети. Эти изолированные сети обычно находятся в отдаленных районах с ограниченным доступом к электрической сети и обеспечивают электроэнергией небольшие фермы и сообщества. Автономные микросети обычно полагаются на возобновляемые источники энергии, такие как солнечная энергия и энергия ветра, а батареи и генераторы используются в качестве резервных источников энергии. Эти сети работают в изолированном режиме, что

означает, что они самодостаточны и не зависят от внешних источников энергии. Данная архитектура представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Изолированная сеть MicroGrid

MicroGrid с параллельным режимом работы [4,5] — это сеть, которая работает совместно с основной электрической сетью и может переключаться в изолированный режим в случае сбоев в сети. Эти сети обычно находятся в районах с большим количеством распределенной генерации и позволяют регулировать выработку активной и реактивной энергии во время работы. Данная архитектура представлена на рисунке 2.

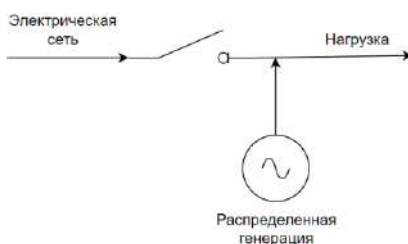


Рис. 2. Сеть MicroGrid с параллельным режимом работы

Промышленная микросеть MicroGrid — это сеть, которая может работать либо в изолированном режиме, либо параллельно с основной электрической сетью. Эти сети обычно используются для питания группы промышленных объектов, и в них часто преобладают газотурбинные или газопоршневые установки.

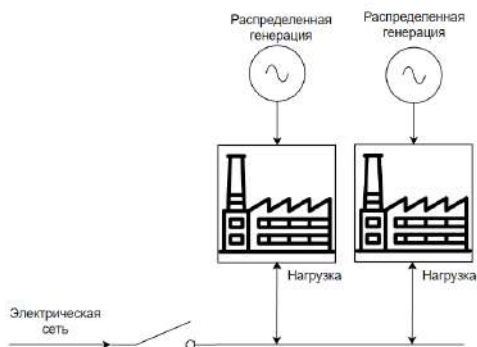


Рис. 3. Промышленная сеть MicroGrid

Аварийная сеть MicroGrid предназначена для обеспечения энергией жизненно важных нагрузок в аварийных ситуациях. Эта сеть может работать либо в сочетании с основной сетью, либо в изолированном режиме. Он используется только при отключении электроэнергии или другой аварийной ситуации, и его основная функция заключается в обеспечении того, чтобы критически важные нагрузки оставались запитанными.

В заключение важно отметить, что важно понимать различные типы сетей MicroGrid, для того чтобы определить наиболее подходящую программу управления для конкретной архитектуры сети MicroGrid. Эффективная и действенная работа программы управления MicroGrid зависит от тщательного рассмотрения сетевых компонентов и их физического размещения. Поэтому очень важно разрабатывать программы управления MicroGrid с полным пониманием характеристик и требований сети, чтобы обеспечить оптимальную производительность и надежность.

Источники

1. Тарифы на электроэнергию как стимулирующий фактор развития распределенной генерации в России / М. Ш. Гарифуллин, С. О. Каминский, М. И. Лашманова, Р. Н. Мухаметжанов // Электрические сети: надежность, безопасность, энергосбережение и экономические аспекты : Материалы международной научно-практической конференции, Казань, 22 апреля 2022 года / Редколлегия: В.В. Максимов (отв. редактор) [и др.]. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. – С. 81-96. – EDN XTFNPH.

2. Cabana-Jiménez, Katherine, John E. Candelo-Becerra, and Vladimir Sousa Santos. 2022. "Comprehensive Analysis of Microgrids Configurations and Topologies" *Sustainability* 14, no. 3: 1056.

3. Воронцов, Г. Н. Анализ технологий smart grid как перспективный способ повышения энергосбережения в бытовом секторе / Г. Н. Воронцов, Р. Н. Мухаметжанов // Электрические сети: надежность, безопасность, энергосбережение и экономические аспекты: Материалы международной научно-практической конференции, Казань, 22 апреля 2022 года / Редколлегия: В.В. Максимов (отв. редактор) [и др.]. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. – С. 77-80. – EDN SFHKBT.

4. Синхронизация MicroGrid с внешней электрической сетью и между собой в нормальных и послеаварийных режимах при разных схемах объединения / А. Г. Фишов, А. Х. Гуломзода, Е. С. Ивкин, Р. Ю. Семендяев

// Релейная защита и автоматизация. – 2021. – № 2(43). – С. 32-42. – EDN XUZHNL.

5. Скурихина, К. А. Исследование динамических свойств MICROGRID при параллельной работе с энергосистемой / К. А. Скурихина, А. Ю. Арестова, Д. В. Армеев // . – 2015. – № S1(15). – С. 93-102. – EDN UBTJTV.

УДК 621.316

ТОПОЛОГИИ СЕТЕЙ MICROGRID

С.О. Каминский¹, Р.Н. Мухаметжанов², М.В. Казка³, Н.Н.Хамидуллин⁴

Науч. рук. д-р. техн. наук проф. М.Ш. Гарифуллин

^{1,2,3,4}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹wolf19980202@gmail.com, ²ruustem@yandex.ru, ³nesnacomec97@mail.ru,

⁴feniks.nafis@mail.ru

В этой статье рассматриваются различные типы топологий MicroGrid, включая гальванически частично и полностью развязанные, с разрывом сети переменного тока и сочетание этих топологий. Тип топологии MicroGrid влияет на алгоритмы, используемые для управления сетью. При проектировании систем MicroGrid необходимо учитывать технические возможности, ограничения по защите и правовые рамки, связанные с системами управления сетями MicroGrid.

Ключевые слова: сети, распределенная генерация, топология сетей, MicroGrid.

MICROGRID NETWORK TOPOLOGIES

S.O. Kaminsky¹, R.N. Mukhametzhonov², M.V. Kazka³, N.N. Khamidullin⁴

^{1,2,3,4}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹wolf19980202@gmail.com, ²ruustem@yandex.ru, ³nesnacomec97@mail.ru,

⁴feniks.nafis@mail.ru

This paper discusses the different types of MicroGrid topologies, including galvanically partially and fully decoupled, AC split, and a combination of these topologies. The type of MicroGrid topology affects the algorithms used to control the network. When designing MicroGrid systems, the technical capabilities, security constraints and legal frameworks associated with MicroGrid network management systems must be considered.

Keywords: networks, distributed generation, network topology, MicroGrid.

Сети MicroGrid приобретают все большую популярность благодаря надежному и гибкому распределению электроэнергии. Одной из важнейших характеристик сетей MicroGrid является её топология, которая оказывает сильное влияние на алгоритмы программы управления работы MicroGrid, обеспечивая стабильную работу генерации и энергопотребления [1]. В этой связи актуальным представляется выделение основных видов топологий микросетей, на основании которых в дальнейшем можно осуществлять конфигурирование и проектирование сетей MicroGrid под конкретные задачи [2].

Источники распределенной генерации могут подключаться к сети различным образом. На рисунке 1 представлены два варианта подключения, которые, соответственно, формируют два вида топологии: гальванически частично развязанная (слева) и гальванически полностью развязанная (справа) по переменному току [3].

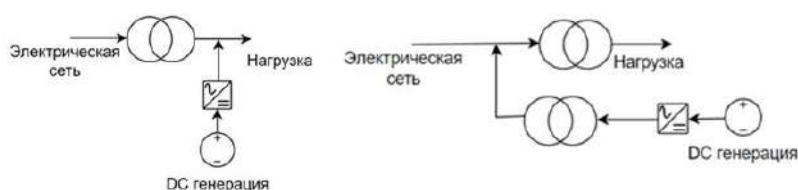


Рис.1. Топологии микросети с частичной и полной гальванической развязкой по переменному току

Кроме того, распределенные генераторы могут подключаться в разрыв сети переменного тока - рисунок 2.



Рис.2. Варианты топологии микросети с разрывом в сети переменного тока

Отличие представленных топологий, как видно из рисунка 2, заключается в том, - на каком уровне напряжения - высоком, или низком происходит подключение к сети распределенной генерации [4].

Существует также вариант совмещения, представленных на рисунке 2 топологий - рисунок 3, который носит название “Конфигурация с трехступенчатой гальванической развязкой”.

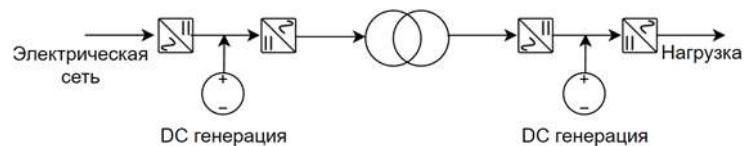


Рис. 3. Конфигурация с трехступенчатой гальванической развязкой

Похожие вопросы есть и при подключении зарядных станций к электрическим сетям [6,7]. В зависимости от бюджета строительства и установки распределенной генерации, необходимостью ее гальванической развязки либо от нагрузки, либо от электрической сети и т.д., принимается решение о выборе топологии сети [5]. Реальная топология сети MicroGrid может являться сочетанием всех рассмотренных вариантов. При этом, как уже было отмечено выше, вид конкретной топологии будет оказывать влияние на алгоритмы программы управления всей сетью.

Эффективное управление сетями MicroGrid зависит от понимания типов топологий сети, их комбинаций и реально выполненных конфигураций. Разработчики должны создавать программные решения, которые будут оптимизировать управление энергией и обеспечивать стабильную работу MicroGrid и электрической сети.

Выстраивать алгоритмы работы систем распределенной генерации и программные решения нужно с учетом различных вариантов подключения распределенной генерации. Необходимо учитывать при разработке систем MicroGrid ограничения технических возможностей систем управления электроэнергией в настоящее время, доступность и функциональность защит на эти уровни напряжения, а также вопросы, связанные с законодательной базой.

Источники

1. Воронцов, Г. Н. Анализ технологий smart grid как перспективный способ повышения энергосбережения в бытовом секторе / Г. Н. Воронцов, Р. Н. Мухаметжанов // Электрические сети: надежность, безопасность, энергосбережение и экономические аспекты: Материалы международной научно-практической конференции, Казань, 22 апреля 2022 года / Редколлегия: В.В. Максимов (отв. редактор) [и др.]. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. – С. 77-80. – EDN SFHKBT.

2. Тарифы на электроэнергию как стимулирующий фактор развития распределенной генерации в России / М. Ш. Гарифуллин, С. О. Каминский, М. И. Лашманова, Р. Н. Мухаметжанов // Электрические сети: надежность, безопасность, энергосбережение и экономические аспекты : Материалы международной научно-практической конференции, Казань, 22 апреля 2022 года / Редколлегия: В.В. Максимов (отв. редактор) [и др.]. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. – С. 81-96. – EDN XTFNPH.

3. Cabana-Jiménez, Katherine, John E. Candelo-Becerra, and Vladimir Sousa Santos. 2022. "Comprehensive Analysis of Microgrids Configurations and Topologies" *Sustainability* 14, no. 3: 1056.

4. Скурихина, К. А. Исследование динамических свойств MICROGRID при параллельной работе с энергосистемой / К. А. Скурихина, А. Ю. Арестова, Д. В. Армеев // . – 2015. – № S1(15). – С. 93-102. – EDN UBTJTV.

5. Фурсанов, М. И. Схемно-конструктивные решения и информационное обеспечение городских электрических сетей в условиях SMART GRID / М. И. Фурсанов // Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. – 2017. – Т. 60, № 5. – С. 393-406. – DOI 10.21122/1029-7448-2017-60-5-393-406. – EDN ZOKWUD.

6. Оценка индекса устойчивости напряжения электрических сетей питающих зарядные станции электромобилей с применением многослойного персептрона / А. Альзаккар, Н. П. Местников, В. В. Максимов, И. М. Валеев // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2022. – Т. 24. – № 2. – С. 35-48. – DOI 10.30724/1998-9903-2022-24-2-36-49. – EDN LJDNGG.

7. Альзаккар, А. М. Н. Исследование применения накопителей энергии по обеспечению бесперебойного электроснабжения потребителей / А. М. Н. Альзаккар, Н. П. Местников, И. М. Валеев // Грозненский естественнонаучный бюллетень. – 2022. – Т. 7. – № 1(27). – С. 79-89. – DOI 10.25744/genb.2022.16.99.009. – EDN XVEJXO.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАРКИ МАСЛА ПО ЦВЕТОВЫМ КООРДИНАТАМ

А.А. Корникова¹, О.Е. Куракина², В.К. Козлов³
^{1,2,3}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
^{1,2}platonovaanje@yandex.ru, ³kozlov_vk@bk.ru

В данной работе описывается метод определения марки трансформаторного масла, а также была установлена зависимость между цветовыми характеристиками и маркой масла.

Ключевые слова: трансформаторное масло, марка масла, координаты цветности.

DETERMINATION OF THE BRAND OF OIL BY COLOR COORDINATES

A.A. Kornikova¹, O.E. Kurakina², V.K. Kozlov³
^{1,2,3}KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
^{1,2}platonovaanje@yandex.ru, ³kozlov_vk@bk.ru

This paper describes a method for determining the brand of transformer oil, and also established the relationship between color characteristics and brand of oil.

Keywords: transformer oil, brand of oil, color coordinates.

Основными элементами электроэнергетических систем являются силовые трансформаторы, а их объемной составной частью является трансформаторное масло [1].

Трансформаторное масло - это очищенная нефть, получаемая путем дистилляции, кипящее при температуре 300-400°C. Технология производства масла зависит от места добычи нефти, концентрации и содержания в ней разных примесей [2]. Следовательно, масла имеют разные электрические и физико-химические свойства и, как следствие различие в цвете. Цвет масла зависит как от его марки, так и от времени его эксплуатации в трансформаторе. Свежее масло обычно имеет светло-желтый оттенок. В процессе эксплуатации масло темнеет и приобретает темно-коричневую окраску. Изменение цвета масла происходит под влиянием нагрева и загрязнения смолами и осадками [3].

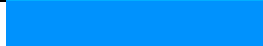
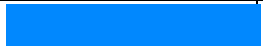
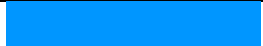
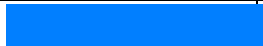
Целью данной работы является определение эксплуатационных свойств масел по их цветовым характеристикам. С помощью координат цветности масла можно определить марку масла и его чистоту.

На первом этапе исследования была собрана блок-схема, позволяющая определить координаты цветности изоляционных масел. Авторами были исследованы 19 образцов трансформаторных масел при их облучении белым, фиолетовым и зеленым цветом.

На втором этапе производилось снятие RGB-координат (Red-красный, Green-зелёный, Blue-синий) с помощью специальной онлайн программы Get-Color. Данные команды выполнялись при помощи инструмента «пипетка», который имеет функцию усреднения цвета и приведены в таблице 1.

Таблица 1

Визуальное представление цветовой характеристики в зависимости от марки масла

№ пробы	Марка масла	Кислотное число мг КОН/г	Освещение фиолетовым цветом	Освещение зеленым цветом
			В середине излучения	В середине излучения
			RGB	RGB
1	ГК(ВГ)	0,002		
2	ГК(ВГ)	0,002		
5	ГК	0,001		
6	ГК	0,001		
11	ГК	0,006		
13	ГК	0,004		
16	ГК	0,001		
17	ГК	0,004		
20	ГК	0,017		
8	ТКп	0,009		
9	ТКп	0,0014		
3	Т-1500	0,0069		
4	Т-1500	0,007		
7	Т-1500	0,014		
12	Т-1500	0,004		
18	ТСп	0,04		
19	ТСп	0,003		
14	ТСп	0,002		
15	ТСп	0,0021		

Сделав анализ по полученным данным, можно выделить диапазоны RGB значений для разных марок трансформаторного масла, где ясно выражен диапазон марки ГК:

Таблица 2

RGB координаты для различных марок масел

Координаты RGB	Освещение фиолетовым цветом		Освещение зеленым цветом	
	Марка ГК	Остальные марки(Т-1500, Ткп, Тсп)	Марка ГК	Остальные марки(Т-1500, Ткп, Тсп)
R	0-3	0-31	5-124	130-214
G	124-195	22-118	92-167	171-212
B	244-255	31-213	3-5	5-8

Так же явно просматриваются различия цвета в зависимости от марки масла. Марка ГК при освещении фиолетовым цветом имеет сине-голубые окраски. Остальные марки имеют тёмно-синие, тёмно-фиолетовые и тёмно-зеленые оттенки. При освещении зеленым цветом марка ГК имеет зеленые оттенки, а остальные марки имеют светло-зеленые, светло-коричневые цвета.

На основе данных результатов авторами была установлена зависимость координат цветности от марки трансформаторного масла, с помощью которой может быть разработана методика определения марки трансформаторных масел.

Источники

1. Липштейн Р.А., Шахнович М.И. Трансформаторное масло. М.: Энергоатомиздат, 1983. 296 с.
2. РД 34.43.105-89 Методические указания по эксплуатации трансформаторных масел.
3. Высогорец С.П. Разработка методики экспресс-анализа параметра качества изоляционного масла. Надежность и безопасность энергетики. / С.П. Высогорец – 2018. № 1. 41-47 с.

ПОТЕРИ МОЩНОСТИ НА КОРОНУ В ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ С ИЗМЕНЕННЫМИ ФОРМАМИ ПОВЕРХНОСТИ ПРОВОДОВ

Р.А. Ксенофонтов¹, Д.В. Кудинов²

Науч. рук. старший преподаватель Р.У. Галеева

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹rodion.ksenofontov.2001@mail.ru, ²mr.zlbvf123@mail.ru

Проектирование электрических сетей 110-500 кВ на базе проводников из новых композиционных материалов с измененными формами проводов, позволяющих увеличить токонесущую способность, и продолжительность срока службы является актуальной научно-технической задачей повышения энергоэффективности передачи. В работе приведена оценка уменьшения потерь мощности на корону сетях 110-500 кВ при внедрении проводов с измененными формами.

Ключевые слова: воздушные линии электропередачи, формы поверхности проводов, потери мощности на корону, коэффициент гладкости, напряженность поля, радиус проводника.

POWER LOSSES TO CORONA IN OVERHEAD POWER LINES WITH CHANGED WIRE SURFACE SHAPES

R.A. Ksenofontov¹, D.V. Kudinov²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

¹rodion.ksenofontov.2001@mail.ru, ²mr.zlbvf123@mail.ru

The design of 110-500 kV electrical networks based on conductors made of new composite materials with modified wire shapes, which make it possible to increase the current-carrying capacity and service life, is an urgent scientific and technical task of increasing the energy efficiency of transmission. The paper presents an estimate of the reduction in power losses in the corona networks of 110-500 kV when introducing wires with modified shapes.

Keywords: overhead power lines, wire surface shapes, corona power losses, smoothness coefficient, field strength, conductor radius.

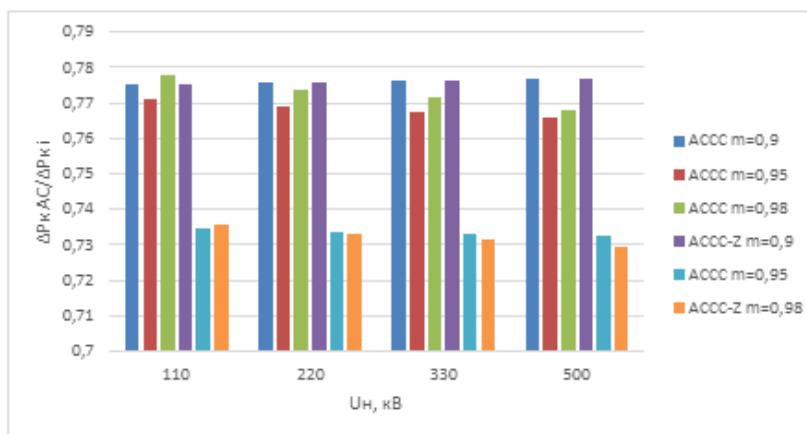
Воздействие короны на воздушные линии оказывает негативный эффект на провода. Коронирование проводов приводит к тому, что процесс окисления поверхности проводов усиливается. В таком случае мы сталкиваемся с двумя ключевыми проблемами – уменьшением коэффициента полезного действия (КПД) линий электропередач и их уменьшением срока эксплуатации. При этом корона на ВЛ является источником радиопомех. Существуют несколько способов решения существующих проблем – так, например, для воздушных линий напряжением до 220 кВ воздействие короны можно заметно уменьшить посредством того, что при сооружении и проектировании воздушных ЛЭП применяют провода, диаметры сечений которых при заданном напряжении определяют меньшую напряженность электрического поля. [1,2].

Наиболее сильное воздействие корона оказывает на линию при попадании атмосферных осадков во время пасмурной и дождливой погоды. В настоящее время начинают применять новые конструкции проводов для воздушных линий высокого напряжения. Они обладают рядом преимуществ по сравнению с широко используемыми традиционными проводами: высокой электропроводностью; высокой механической прочностью; устойчивостью к высоким температурам; малым коэффициентом температурного удлинения; устойчивостью к старению и воздействию окружающей среды.

Целью исследования является анализ потерь мощности на корону при применении проводов ВЛ новых инновационных конструкций. Провода новых конструкций для ВЛ пока не нашли широкого применения из-за их высокой стоимости, но в отдельных случаях их использование экономически оправданно.

Применение проводов новых конструкций с измененными формами поверхности провода позволит повысить энергоэффективность, надежность электропередачи [3,4]. Чем более гладкая поверхность проводника, тем меньший радиус обеспечивает исчезновение коронирования. Предлагается использовать инновационные высокоэффективные провода с улучшенной гладкостью провода m . Для проводов АССС: 0,9 – для проводов с внешним повивом из 9-10 проволок и диаметром 15-19 мм; 0,95 – для проводов с внешним повивом из 10-12 проволок и диаметром 20-26 мм; 0,98 – для проводов с внешним повивом из 13 и больше проволок и диаметром свыше 26мм. Для проводов АААС-Z: 0,9 – для проводов с внешним повивом из 8-10 проволок и диаметром 15-19мм; 0,95 – для проводов с внешним повивом из 10-12 проволок и диаметром 20-22мм; 0,98 – для проводов с внешним повивом из 13 и

больше проволок и диаметром свыше 23мм. В качестве тестируемых моделей были рассмотрены воздушные линии напряжением 110, 220, 330, 500 кВ, выполненные проводами марок нового поколения: АААС-Z – гладкий компактный провод с проволоками Z-образного профиля внешних проволок; АССС – гладкий компактный провод с трапецеидальными жилами. Результаты исследований и расчетов отображены на гистограммах (см. рисунок):



Гистограмма уменьшения потерь на корону проводов марок АААС и АААС-Z по отношению к проводу с круглыми сечениями марки АС для напряжений 110 кВ, 220 кВ, 330 кВ, 500 кВ.

Источники

1. Решения для передачи электроэнергии. ООО «ПИК. энергокомплект» nfo@avatok.ru
2. Галеева Р.У., Алексеева С.Ф. Оценка уровня искажения напряжения при плановых коммутационных переключениях воздушных линий с учетом коронирования проводов. Диспетчеризация и управление в электроэнергетике: матер.ХІІІ Всерос. открытой молод. науч.-практ. конф. – Казань: Казан гос. энерг. ун-т, 2018. – 238 с. СС31-35.
3. Инструкция по организации в Министерстве энергетики Российской Федерации работы по расчету и обоснованию нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям (утверждено приказом Минэнерго России от 30.12.2008 № 326.
4. Курьянов В.Н., Султанов М.М., Фокин В.А., Тимашова Л.В. Инновационные высокоэффективные провода для линий высокоэффективные провода для линий электропередачи. The innovative high-efficiency wires of power transmission lines energy grids. Журнал Энергия единой сети. № 5-6(60-61) 2021. – 75 с.СС70-78.

АЛГОРИТМ ПОДБОРА ВАРИАНТОВ СНИЖЕНИЯ ПЛАТЕЖЕЙ ЗА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

М. И. Лашманова¹, М. Ш. Гарифуллин²
^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
¹marina_lashmanovaa@mail.ru, ²g_marsels@mail.ru

В тезисе освещается проблематика высоких цен на электроэнергию для коммерческих и промышленных предприятий в России. Рассматриваются основные причины роста цен на электроэнергию, структура формирования цен на рынке электроэнергии. В работе представлен алгоритм, который помогает определить существующие варианты снижения платежей за электроэнергию для предприятий, основываясь на их индивидуальных характеристиках работы.

Ключевые слова: рынок электроэнергии и мощности, перекрестное субсидирование, рост цен на электроэнергию, нерыночные надбавки.

ALGORITHM FOR SELECTING OPTIONS TO REDUCE PAYMENTS FOR ELECTRICITY FOR BUSINESSES

M. I. Lashmanova¹, M. Sh. Garifullin²
^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia
¹marina_lashmanovaa@mail.ru, ²g_marsels@mail.ru

The thesis highlights the problem of high electricity prices for commercial and industrial enterprises in Russia. The main reasons for the growth of electricity prices and the structure of price formation in the electricity market are considered. Algorithm which helps to determine the existing options for reducing electricity payments for enterprises, based on their individual characteristics of work is presented in the paper.

Keywords: electricity and capacity market, cross-subsidization, growth of electricity prices, non-market mark-ups.

В России на рынке электроэнергии и мощности наблюдается тенденция роста цен на электроэнергию для коммерческих и промышленных предприятий. Высокие цены серьезно ограничивают развитие бизнеса, препятствуют росту промышленного производства и оказывают негативное влияние на экономику страны в целом [1].

Цена на оптовом рынке электроэнергии и мощности (ОРЭМ) состоит из двух частей — платёж за мощность (плата за готовность станции к

работе) и стоимости электроэнергии (реально выработанных киловатт-часов). Кроме того, потребители оплачивают услуги по передаче электроэнергии (сетевой тариф), сбытовую надбавку и инфраструктурные платежи [2]. Технические параметры подключения потребителя электроэнергии и характер потребления влияют на значения перечисленных компонентов цены.

Основной причиной высоких цен на электроэнергию для предприятий в России, в первую очередь, является перекрестное субсидирование (сдерживание роста тарифов для населения) [3, 4]. Следующей причиной, которая влияет на формирование конечной цены, является оплата промышленными предприятиями и бизнесом нерыночных надбавок, к которым относят: надбавки к цене за мощность новых тепловых энергоблоков, АЭС, ВИЭ, станций в Крыму и Калининграде по механизму договоров поставки мощности (ДПМ), а также надбавки на снижение тарифов на Дальнем Востоке [2].

Вышеперечисленные источники роста цен на электроэнергию невозможно ликвидировать, так как они являются неотъемлемой частью структуры электроэнергетики, внедренные реформами ранее. Снижение перекрестного субсидирования и отказ от нерыночных надбавок требует пересмотра всей системной реформы оптового рынка, что является затруднительным для регулирующих органов в области электроэнергетики на данный момент.

Помимо рассмотренных причин высоких тарифов, необходимо отметить, что потребитель не всегда использует оптимальную систему подключения и оплаты электроэнергии. Для решения этой задачи разработан алгоритм, который даёт возможность определить существующие варианты снижения платежей за электроэнергию для предприятий, учитывая их технические характеристики, режим и условия работы, правовые особенности рынка электроэнергии и мощности.

Алгоритм представлен в виде блок-схемы (рис.1, 2), благодаря которой распознаются оптимальные способы снижения платежей. С помощью алгоритма есть возможность подобрать для каждого объекта предприятия способы, основываясь на следующих исходных данных объекта: максимальная мощность объекта; статус текущей сбытовой организации; тарифный уровень напряжения на границе с сетевой организацией; статус организации, к сетям которой присоединен объект; режим работы объекта (дневной, круглосуточный); текущая цена (если продажу производит независимая энергосбытовая компания) или ценовая

```

graph TD
    Start([Начало]) --> Step1{Статус  
корпуса СЦ}
    Step1 -- да --> End1([Конец])
    Step1 -- нет --> Step2{Создан объект > 1}
    Step2 -- да --> Step3[Определить  
список объектов]
    Step2 -- нет --> Step4{Выполнить  
для каждого  
объекта}
    Step4 --> Step5{Остаток  
э/э ТСЦ}
    Step5 -- да --> Step6{ЗСК-анг ГПТ}
    Step5 -- нет --> Step7{Определить формулу  
цены,  
взвешивая решения ГПТ,  
сравнить цены с ЦК ГП}
    Step6 --> Step8{ГПТ в ТСЦ}
    Step8 -- да --> Step9[Определить ГПТ и УН]
    Step8 -- нет --> Step10[Определить ГПТ ИВС,  
расчётный УН]
    Step9 --> Step11{Совпадает УН с тем,  
что установлен в платежке?}
    Step10 --> Step11
    Step11 -- да --> Step12{УН равен ГПТ}
    Step11 -- нет --> Step13[Считать переплату  
за 35 месяцев]
    Step12 -- да --> Step14[Проверить  
техн. потери]
    Step12 -- нет --> Step15{П/У на ГВТ?}
    Step13 --> Step15
    Step15 -- да --> Step16[Проверить потерю]
    Step15 -- нет --> Step17{P > 670 кВт?}
    Step16 --> Step17
    Step17 -- да --> Step18{тех. потери  
до 2015 год}
    Step17 -- нет --> Step19{Суммарная P  
от 670 кВт  
> 5% ?}
    Step18 -- да --> Step20{Средот < 670 кВт}
    Step18 -- нет --> Step21{ЦК выработан}
    Step19 -- да --> Step22[Определить выделенную  
группу  
по мощности  
(<670 кВт, 670-10000 кВт)  
и перейти на шаг]
    Step19 -- нет --> Step23[Перераспределить  
мощность]
    Step20 -- да --> Step23
    Step20 -- нет --> Step24[Определить выделенную  
группу  
по мощности  
(<670 кВт, 670-10000 кВт)  
и перейти на шаг]
    Step21 -- да --> Step23
    Step21 -- нет --> Step24
    Step22 --> Step23
    Step23 --> Step24
    Step24 --> End2([Конец])
  
```

The flowchart describes the algorithm for determining the power of a power supply unit (PSU) for a computer system. It starts with a 'Начало' (Start) node, leading to a decision 'Статус корпуса СЦ' (Status of the C.C. cabinet). If 'да' (yes), it ends at 'Конец' (End). If 'нет' (no), it proceeds to 'Создан объект > 1' (Object created > 1). If 'да', it goes to 'Определить список объектов' (Determine the list of objects). If 'нет', it goes to 'Выполнить для каждого объекта' (Execute for each object). This leads to a decision 'Остаток э/э ТСЦ' (Remaining electricity of the C.C.). If 'да', it goes to 'ЗСК-анг ГПТ' (ZSK-ang GPT). If 'нет', it goes to 'Определить формулу цены, взвешивая решения ГПТ, сравнить цены с ЦК ГП' (Determine the price formula, weighing GPT solutions, compare prices with GPT C.C.). From 'ЗСК-анг ГПТ', it goes to 'ГПТ в ТСЦ' (GPT in C.C.). If 'да', it goes to 'Определить ГПТ и УН' (Determine GPT and U.N.). If 'нет', it goes to 'Определить ГПТ ИВС, расчётный УН' (Determine GPT I.V.S., calculated U.N.). Both paths lead to a decision 'Совпадает УН с тем, что установлен в платежке?' (Does U.N. match what is set in the bill?). If 'да', it goes to 'УН равен ГПТ' (U.N. equals GPT). If 'нет', it goes to 'Считать переплату за 35 месяцев' (Calculate overpayment for 35 months). From 'УН равен ГПТ', it goes to 'П/У на ГВТ?' (P/U on G.V.T.). If 'да', it goes to 'Проверить потерю' (Check loss). If 'нет', it goes to 'P > 670 кВт?'. From 'P > 670 кВт?', if 'да', it goes to 'тех. потери до 2015 год'. If 'нет', it goes to 'Суммарная P от 670 кВт > 5%?'. From 'тех. потери до 2015 год', if 'да', it goes to 'Средот < 670 кВт'. If 'нет', it goes to 'ЦК выработан'. From 'Суммарная P от 670 кВт > 5%?', if 'да', it goes to 'Определить выделенную группу по мощности (<670 кВт, 670-10000 кВт) и перейти на шаг'. If 'нет', it goes to 'Перераспределить мощность'. From 'Средот < 670 кВт', if 'да', it goes to 'Перераспределить мощность'. If 'нет', it goes to 'Определить выделенную группу по мощности (<670 кВт, 670-10000 кВт) и перейти на шаг'. From 'ЦК выработан', if 'да', it goes to 'Перераспределить мощность'. If 'нет', it goes to 'Определить выделенную группу по мощности (<670 кВт, 670-10000 кВт) и перейти на шаг'. Finally, it ends at 'Конец'.

87

Таким образом, в ходе работы с алгоритмом могут быть предложены предварительные возможные варианты снижения платежей за электроэнергию: переход на наиболее выгодную ценовую категорию, смена тарифной группы по максимальной мощности, возврат переплаты (в ходе установления ошибочного тарифного уровня напряжения или величины начисляемых потерь в сетях) и установление верного уровня, смена уровня напряжения при переносе границы балансовой принадлежности с сетями, переход на ОРЭМ, строительство розничной генерации. После подбора существующих вариантов, с помощью расчётов определяется наиболее выгодный вариант либо комплекс мероприятий, если появляется возможность применения нескольких способов.

Источники

1. ТАРИФЫ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ КАК СТИМУЛИРУЮЩИЙ ФАКТОР РАЗВИТИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ В РОССИИ

Гарифуллин М.Ш., Каминский С.О., Лашманова М.И., Мухаметжанов Р.Н. В сборнике: Электрические сети: надежность, безопасность, энергосбережение и экономические аспекты. Материалы международной научно-практической конференции. Редколлегия: В.В. Максимов (отв. редактор) [и др.]. Казань, 2022. С. 81-96.

2. Генерация мощных цен URL:
<https://www.kommersant.ru/doc/5182838>

3. Почему тарифы на электроэнергию для предприятий постоянно растут URL:https://www.energo-konsultant.ru/sovets/elektrosnabgenie/yuridicheskim_licam/cena_na_elektroenergiyu_dlya_uridicheskix_lic_i_pr/pochemu_tarify_na_elektroenergiyu_dlya_predpriyatiy_postoyanno_rastut/

4. Дорогая передача URL: <https://www.kommersant.ru/doc/5784554>

МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ И ОБОРУДОВАНИЕ БАЗОВЫХ СОТОВЫХ СТАНЦИЙ И РАДИО ОБЪЕКТОВ ОТ ГРОЗОВЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

И.С. Майоров¹ Б.И. Закиров²

Науч. рук. Л.Р. Гайнуллина

ФГБОУ ВО «КГЭУ», Респ. Татарстан, г. Казань, Россия

¹ilya_mayorov_03@mail.ru, ²okhri20051@yandex.ru

В средних широтах России грозовая активность равна 40-60 - гроз в год, а это значит, что каждую секунду во время грозы происходит три молнии. По состоянию на 1 января 2020-го количество базовых и радиостанций составляло практически 800 тыс., учитывая этот факт, вероятность попадания в них молнии достаточно велика [1, 2].

Защита базовых сотовых станций и радио объектов от грозовых перенапряжений, а также защита персонала является актуальной задачей обеспечения надежности и безопасности функционирования сетей связи и оборудования.

В работе рассматривается, как можно защитить базовые сотовые станции и радио объекты от грозовых перенапряжений. Какие виды защиты существуют и какие из них наиболее эффективные.

Ключевые слова: станция, сотовые станции, методы, защита, радиопередающие.

PROTECTION AND EQUIPMENT OF BASE CELLULAR STATIONS AND RADIO FACILITIES FROM LIGHTNING OVERVOLTAGES

I.S. Mayorov¹, B.I. Zakirov²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

¹ilya_mayorov_03@mail.ru, ²okhri20051@yandex.ru

In the middle latitudes of Russia, thunderstorm activity is equal to 40-60 thunderstorms per year, which means that three lightning strikes every second during a thunderstorm. As of January 1, 2020, the number of base and radio stations was almost 800 thousand, given this fact, the probability of lightning hitting them is quite high [1, 2].

The protection of base cellular stations and radio facilities from lightning overvoltage's, as well as the protection of personnel, is an urgent task to ensure the reliability and safety of the functioning of communication networks and equipment.

In work, will consider how it is possible to protect basic cellular stations and radio facilities from lightning overvoltage's. What types of protection exist and which of them are the most effective.

Keywords: station, cellular stations, methods, protection, radio transmitters

1. Базовые сотовые станции

Базовые сотовые станции (БС) могут быть защищены от грозowych перенапряжений различными методами и оборудованием. Ниже приведены некоторые основные методы защиты БС от грозowych разрядов:

1) Установка молниезащиты: Молниезащита позволяет защитить БС от высоковольтных импульсов, которые возникают при грозах. Молниезащита включает в себя заземляющие провода и молниеприемники, которые приводят высоковольтные импульсы на землю, защищая тем самым оборудование.

2) Использование защитных разъемов и фильтров: Защитные разъемы и фильтры помогают защитить оборудование БС от повышенного напряжения, которое может возникнуть при грозах. Эти устройства предотвращают проникновение грозowych импульсов в оборудование.

3) Регулярное техническое обслуживание: Регулярное техническое обслуживание позволяет выявлять и устранять проблемы с оборудованием БС, которые могут привести к повреждению от грозowych перенапряжений.

4) Использование подвесных молниеотводов: Подвесные молниеотводы могут использоваться для защиты высоких антенн от прямых ударов молнии. Эти устройства устанавливаются на высоте, близкой к вершине антенн.

5) Использование систем автоматического переключения: Системы автоматического переключения позволяют автоматически отключать оборудование БС от электрической сети при обнаружении повышенного напряжения или других проблем, связанных с грозowymi разрядами.

2. Радиопередающие устройства

Защита радиопередающих устройств от грозowych перенапряжений очень важна для обеспечения их безопасной работы и предотвращения повреждений, вызванных разрядами молний. Вот несколько способов защиты радиопередающих устройств от грозowych перенапряжений:

Молниезащита. Как мы упоминали ранее, молниезащита – это система, которая защищает от перенапряжений, возникающих во время грозы. Установка молниезащиты на радиопередающее устройство может значительно уменьшить риск повреждения оборудования.

Размещение устройств на безопасной высоте. Радиопередающее оборудование должно быть размещено на безопасной высоте, которая минимизирует риск попадания молнии. Это может включать установку оборудования на высоких башнях или мачтах, которые соответствуют нормам и требованиям безопасности.

Регулярное техническое обслуживание. Регулярное техническое обслуживание и проверка оборудования могут помочь выявить и устранить потенциальные проблемы, которые могут возникнуть из-за грозовых перенапряжений.

Использование электростатических разрядников. Электростатические разрядники могут быть использованы для защиты от разрядов молнии, которые могут возникнуть на антеннах радиопередающего устройства.

Для защиты радиопередающих устройств от грозовых перенапряжений важно использовать правильное заземление. Существует несколько видов заземления, которые могут быть использованы для этой цели: заземление фундамента, глубокое заземление, заземление через металлические конструкции, радиальное заземление.

Важно убедиться, что заземляющее устройство соответствует требованиям и нормам безопасности и правильно подключено к грозозащитным устройствам и радиопередающему оборудованию.

Открытое расположение мобильных радиомачт делает их уязвимыми для прямых ударов молнии. Удары молнии поблизости могут вызывать скачки напряжения и парализовать системы.

Еще один важный аспект – защита персонала, работающего с системой, во время грозы.

Подведем итог всему вышесказанному. В работе рассмотрены виды защиты базовых сотовых станций и радио объектов от грозовых перенапряжений. Важно отметить, что защита от грозовых перенапряжений является сложным процессом, который требует специальных знаний и опыта.

Нельзя выделить, что какой-то способ эффективнее всех остальных, ведь каждый из видов заземления используется в разных условиях, или же они между собой все взаимосвязаны. При отключении от системы одного из видов повышается возникновение аварийной ситуации. Однако для защиты радиопередающих устройств от грозовых перенапряжений самым эффективным является заземление фундамента, так как он предоставляет низкий импеданс заземления и требует меньших затрат на установку, чем другие виды заземления.

Источники

1. Журнал AdIndex, статья «Радиовещание в России: состояние и перспективы» [Электронный ресурс]. Режим доступа: - <https://goo.su/LaVfn> (дата обращения: 05.03.23).

2. Статья «Определение экономической целесообразности монтажа молниезащиты базовой станции сотовой связи» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://goo.su/ulVLSH> (дата обращения: 05.03.23).

УДК 621.314.21

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ РАЗРАБОТОК В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Д.В. Мачан¹, О.Е. Куракина²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

^{1,2}machan-dasha@mail.ru

В статье представлено сравнение высоковольтного оборудования – масляных и элегазовых силовых трансформаторов и элегазовых и вакуумных выключателей – с дальнейшей перспективой их совершенствования и применения.

Ключевые слова: силовые трансформаторы, высоковольтные выключатели, элегаз, вакуум, масло.

PROSPECTS FOR THE APPLICATION OF MODERN DEVELOPMENTS IN THE ENERGY INDUSTRY

D.V. Machan¹, O.E. Kurakina²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

^{1,2}machan-dasha@mail.ru

The article presents a comparison of high-voltage equipment - oil and gas-insulated power transformers and gas-insulated and vacuum circuit breakers - with a further perspective of their improvement and application.

Keywords: power transformers, high-voltage circuit breakers, SF6, vacuum, oil.

Все более актуальной становится проблема обновления оборудования энергетической системы, т.к. находящиеся в эксплуатации аппараты и установки не соответствуют обновленным повышенным требованиям безопасности и эффективности. Поэтому в наше время все

чаще находят применение инновационным разработкам, превосходящим замещенную технику по важным для энергетической системы параметрам [2].

На современном этапе развития наука дает возможность совершенствовать энергетические установки и вводить их в эксплуатацию на длительные сроки. Так в связи с исчерпавшимся ресурсом под замену попадает все большее количество масляных силовых трансформаторов на элегазовые и вакуумных высоковольтных выключателей на элегазовые.

Элегаз – шестифтористая сера – имеет высокое пробивное напряжение, что обеспечивает высокую электрическую прочность данного газа. Эти качества являются основными достоинствами наполнителя, применяемого в высоковольтном оборудовании [3].

К не менее важным свойствам газа можно отнести негорючесть. При применении масляных трансформаторов проблема пожаробезопасности решалась путем установки противопожарного оборудования и сточных канав для сбора масла. При использовании элегазового трансформатора данными мерами предосторожности можно пренебречь.

Масло менее сжимаемо, поэтому при возникновении дуги его расширение может повлечь за собой нарушение герметичности корпуса трансформатора, что приведет к дальнейшему взрыву. При сжатии элегаза возникает меньшее давление, не создавая угрозы герметичности.

Возможность утилизации тепла путем установки теплообменников для обогрева помещения присутствует только у элегазовых установок, что дает возможность постройки подстанции под землей, а наземной территории можно найти более рациональное применение.

Конструкции с применением элегаза имеют более компактные размеры, поскольку нет необходимости в расширительных баках и устройств сброса избыточного давления. Помимо этого, газ, очевидно, легче масла – масса техники уменьшается в несколько раз.

Утилизация газонаполненных трансформаторов облегчается, поскольку особую трудность создает использованное масло, которое невозможно использовать повторно [4-5].

Гексафторид серы имеет повышенную шумоизоляцию, что приведет к снижению шума от магнитострикции – более тихой работе трансформатора.

Среди высоковольтных выключателей преобладающее количество элегазовые. Они имеют меньший объем и массу дугогасительных камер, однако, в связи с вредоносностью для человека при его нагревании,

установки оборудуют различными устройствами предосторожности и контроля безопасности, что увеличивает затраты.

Вакуум более безопасен в эксплуатации, но уступает в электрической прочности элегазу. Вакуумные выключатели имеют более простую конструкцию, более дешевое обслуживание.

К недостаткам элегазовых установок можно отнести возникновение коммутационных перенапряжений при отключении малых индуктивных токов, что вредно для двигателей с пониженной изоляцией.

По проделанному анализу можно сделать вывод о том, что высоковольтные установки с использованием вакуума более перспективны в плане безопасности и простоте эксплуатации, они послужат отличной основой для обновления энергетического оборудования. Однако следует отметить необходимость снижения затрат на их производство. Естественно решение замены установок во многом зависит от заказчика: предпочтет ли он дешевые и ненадежные аппараты или же решится на более высокую по стоимости установку, но превосходящую по качеству с дальнейшим акцентом на безопасности энергетической сети. К тому же ученые сделали множественные расчеты по сроку окупаемости вакуумного высоковольтного оборудования с учетом среднего статистического количества неисправностей и аварий и пришли к определенному результату, показывающему, что замена масляных установок на вакуумные приведет заказчиков в более экономическое положение через определенный промежуток времени [1]. Отсюда видно, что характеристики вакуумных высоковольтных выключателей обеспечат им дальнейшую перспективу применения, однако, для этого необходимо приложить не мало усилий в проектировании улучшений коммутационных аппаратов.

Источники

1. Экономическое обоснование целесообразности замены масляных выключателей на вакуумные [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://studbooks.net/1915180/matematika_himiya_fizika/ekonomicheskoe_obosnovanie_tselesoobraznosti_zameny_maslyanyh_vyklyuchateley_vakuumnye (дата обращения: 06.03.23).

2. Хубиева В.М., Петрова А.А. Достоинства и недостатки использования вакуумных выключателей в промышленности // Техника и сельское хозяйство. 2015. Т. 1. С. 120-122.

3. Шенцев И.О., Шенцева Д.О. Применение современных разработок в энергетической отрасли // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых. 2014. Т. 2. С. 415-417.

4. Определение параметров качества трансформаторного масла по его координатам цветности / Р. А. Гиниатуллин, Д. М. Валиуллина, В. К. Козлов, Э. М. Садыков // Инновационные научные исследования. – 2021. – № 3-2(5). – С. 7-14. – DOI 10.5281/zenodo.4677311. – EDN ZXCNWL.

5. Определение характеристик трансформаторного масла спектральным методом / Д. М. Валиуллина, Ю. К. Ильясова, В. К. Козлов [и др.] // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2021. – Т. 13. – № 1(49). – С. 66-74. – EDN ZPNNCZ.

УДК: 621.315.1

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯТОРОВ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

¹И.И. Минанхузин, ²И.А. Валеев, ³А.А. Маврин

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Х. Сабитов

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹minankhuzin@yandex.ru, ²edmon.dantesss@mail.ru, ³arturartem896@mail.ru

В данной работе рассматриваются методы оценки состояния изоляторов линий электропередач. Выделены основные причины выхода из строя изоляторов, предложены меры по устранению неисправностей.

Ключевые слова: изоляторы, полимеры, поля напряженности, прогиб стержня.

ASSESSMENT OF THE CONDITION OF POWER LINE INSULATORS

¹I.I. Minankhuzin, ²I.A. Valeev, ³A.A. Mavrin

^{1,2,3}KSPEU, Kazan, Russia

¹minankhuzin@yandex.ru, ²edmon.dantesss@mail.ru, ³arturartem896@mail.ru

The paper considers innovative solutions in the production of IV generation insulators. The differences between the isolators of the III and IV generations are highlighted, as well as the features and advantages of the object of study under consideration.

Keywords: insulators, polymers, tension fields, rod deflection.

Надёжность электрической сети во многом зависит от воздушных линий. Чаще всего неисправности и аварии возникают на изоляторах. Состояние изоляторов на линиях электропередач является одним из ключевых условий надёжности работы сети. Даже небольшие повреждения

на изоляторах могут привести к проблемам в работе воздушных линий (ВЛ) и электроэнергетической системы в целом.

Выделим основные причины выхода из строя изоляторов:

- Несвоевременная чистка, выявление дефектных;
- Нарушение техники транспортировки, погрузки-разгрузки и хранения;
- Отсутствие проведённых электрических испытаний перед установкой на линию;
- Старение материала изолятора;
- Климатический уровень изолятора не соответствует реальным условиям эксплуатации.

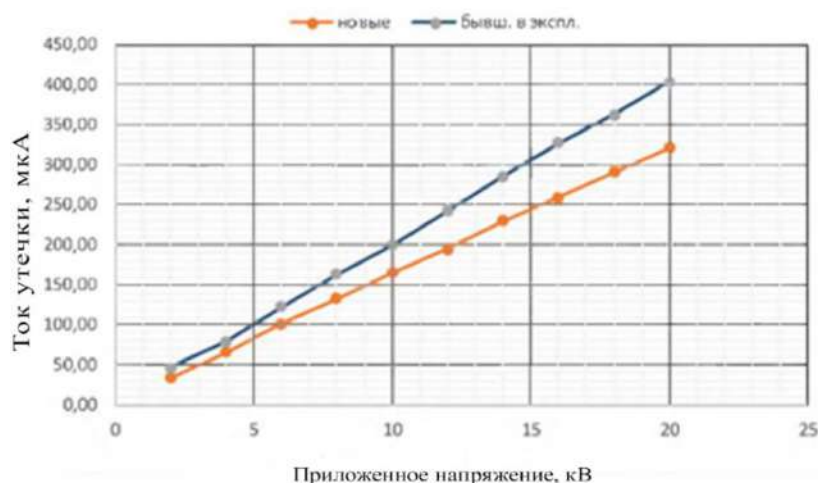
Важно отметить, что выявление дефектов до и после ввода в эксплуатацию изолятора играет важную роль и позволяет сократить перерывы отключений во время аварийного режима работы сети. Среди отказов изоляторов есть три категории: загрязнение, утечка тока или пробой. Для увеличения ресурса необходимо проводить периодический мониторинг состояния каждого изолятора и принимать соответствующие меры для устранения некритических неисправностей [1].

При увлажнении на поверхности изолятора образуется проводящая среда. Неравномерное распределение воды и влажность загрязнений вызывают неоднородное распределение градиента напряжения по поверхности. В местах с высоким градиентом напряжения возникают поверхностные частичные разряды, что приводит к формированию непрерывного проводящего слоя в областях высокого напряжения. Это вызывает увеличение тока утечки. Образование частичных разрядов и протекание тока утечки обусловлено нагревом, приводящему к образованию локальных сухих областей с высокоомным сопротивлением и возникновению проводящих участков. Разряды и локальный нагрев способствуют ускоренному старению материала изолятора. Цикличность описанного процесса порождает эрозию поверхности изолятора. При увеличении количества неровностей поверхности накопление в них загрязнений увеличивается, и старение изолятора ускоряется.

При нагревании происходит старение материала диэлектрика изолятора, эти явления обусловлены ускорением химических процессов. Снижение контакта в гирлянде изоляторов и в местах ее подключения к токонесущим поверхностям также приводит к их нагреву и отрицательно сказывается на ресурсе изолятора.

Рассмотренные причины деградации изоляторов подтверждают необходимость оценивать остаточный ресурс и прогнозировать время

службы изолятора. Если местонахождение сети экологически чистое, а также нет резких скачков нагрузки, то можно сделать вывод, что изолятор прослужит продолжительный срок. Сейчас энергетические компании стремятся к применению неразрушающих методов контроля изоляции и состояния изоляторов. В ходе анализа исследований АО РЭС «Восточные электросети» измерений токов утечки новых и бывших в эксплуатации гирлянд изоляторов, состоящих из 3-х подвесных стеклянных изоляторов типа ПС120Б. Выявлено, что ток утечки зависит от срока службы изоляторов. У изоляторов с эксплуатацией более 10 лет ток утечки в 1,25 больше, чем у новых. А если сравнивать новые и тридцатилетние изоляторы, то разница тока утечки в два раза больше. Также важно отметить, чем выше приложенное напряжение, тем больше будет ток утечки и лежит практически в линейной зависимости. Необходимо снижать токи утечки, это нужно для того, чтобы снизить разрядные характеристики изоляторов (см. рис.). Если уровень изоляции перестаёт соответствовать климатическим условиям, то возникает высокая вероятность перекрытия изоляции, а уже при рабочих значениях приложенного напряжения необходимо принимать меры для восстановления необходимого уровня изоляции.



Зависимость тока утечки от приложенного напряжения для разных по сроку эксплуатации изоляторов

Данное решение позволит создать не только базу данных текущего состояния изоляторов, но и определить различные взаимосвязи и зависимости, также анализировать полученные данные. Это обеспечит

повышенную точность оценки состояния изоляторов линий электропередач.

Источники

1. Определение характеристик трансформаторного масла спектральным методом / Д. М. Валиуллина, Ю. К. Ильясова, В. К. Козлов [и др.] // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2021. – Т. 13. – № 1(49). – С. 66-74. – EDN ZPNNCZ.

УДК: 621.315.615.2

ДИАГНОСТИКА ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ХРОМАТОГРАФИИ РАСТВОРЁННЫХ ГАЗОВ

А.М. Мингазов¹, М.Ш. Гарифуллин²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

^{1,2}azat.mingazov.2002@mail.ru

В данной работе проанализирован метод диагностики трансформаторного масла, такой как – хроматографический анализ растворённых газов. Определены проблемы диагностики диэлектрика и особенности данного метода.

Ключевые слова: анализ, диагностика, химический состав, хроматографический анализ.

DIAGNOSTICS OF TRANSFORMER OIL USING DISSOLVED GAS CHROMATOGRAPHY

A.M. Mingazov¹, M.S.Garifullin²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

^{1,2}azat.mingazov.2002@mail.ru

In this paper, the method of transformer oil diagnostics, such as chromatographic analysis of dissolved gases, is analyzed. The problems of dielectric diagnostics and the features of this method are determined.

Keywords: analysis, diagnostics, chemical composition, chromatographic analysis.

Чтобы обеспечить надлежащую работоспособность маслонаполненных аппаратов необходимо производить контроль качества

трансформаторного масла. В правилах устройства электроустановок и правилах технической эксплуатации электроустановок потребителей регламентируются нормативы качества, периодичности и объемов испытаний. В соответствии с ГОСТ необходимо рассмотреть основные требования, предъявляемые к маслам:

- Электрофизические свойства – высокая электрическая прочность и электрическое сопротивление, малые диэлектрические потери;
- Физико-химические свойства – минимальная вязкость, эффективный теплоотвод, стабильность, способность растворять воду, низкая плотность, инертность к материалам аппарата [2].

Основываясь на эти требования, выделяются два вида анализа масла: полный и сокращённый. В рамках исследования рассмотрен полный анализ трансформаторного масла, в частности, хроматографический анализ растворённых газов (ХАРГ). Методика служит для обнаружения повреждений и дефектных конструктивных узлов, а также твёрдой электроизоляции, учитывает растворимость газов, их содержание в газообразной фазе и в масле. Анализ растворённых газов основан на принудительном извлечении газов, разделении их для определения концентрации каждого. Целью измерений являются эксплуатационные факторы, влияющие на концентрацию растворённых в масле газов. Факторами можно назвать: изменение нагрузки трансформаторов; действие больших токов КЗ; донаполнение масляного резервуара другим или таким же видом масла; изменение скорости старения масла. К сожалению, этот анализ не отражает качество и состояние самого масла [3].

В ходе анализа необходимо выделить две группы дефектов: термического характера (наблюдаются газы – этилен C_2H_4 , метан CH_4 , этан C_2H_6 , CO и CO_2); электрического характера (водород H_2 , ацетилен C_2H_2) [4].

Из данных групп дефектов можно сделать вывод, что ХАРГ позволяет обнаружить перегревы токоведущих соединений и ослабление контакта между узлами, дефекты твердой изоляции и электрические разряды в масле.

Выбран объект, подлежащий ХАРГ: автотрансформатор АТДЦТН-200000/220/110. Между фазами «А» и «В» трансформатора произошло замыкание отдельных пластин из-за попадания металлической стружки на верхнее ярмо. Отмечено обильное выделение газов: C_2H_4 , CH_4 и C_2H_6 . На основании РД 153-34.0-46.302-00 можно спрогнозировать термический дефект в диапазоне высоких температур [1].

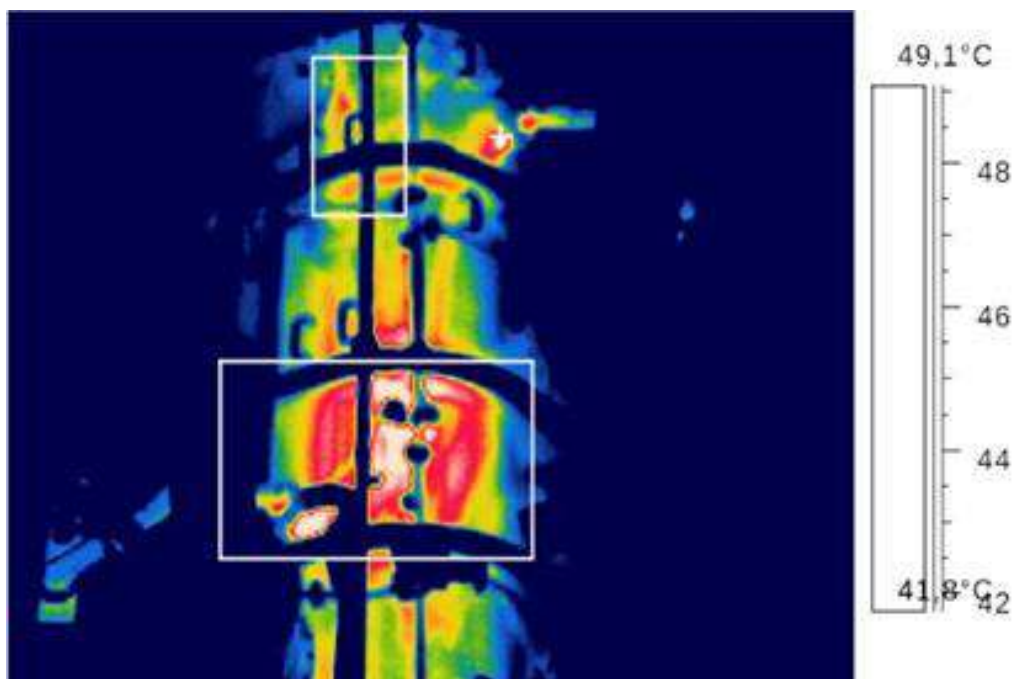


Рис.1. Локальный нагрев верхней части трансформатора

Тепловизионный контроль показал область нагрева верхней части объекта. Акустический метод указал на магнитопровод фазы «В» (Рис.1). После чистки верхнего ярма и слива масла результатов не наблюдалось, следовательно, стружка опустилась ниже и при нагрузке более 50 МВА выделялось выделение газов (Рис.2).

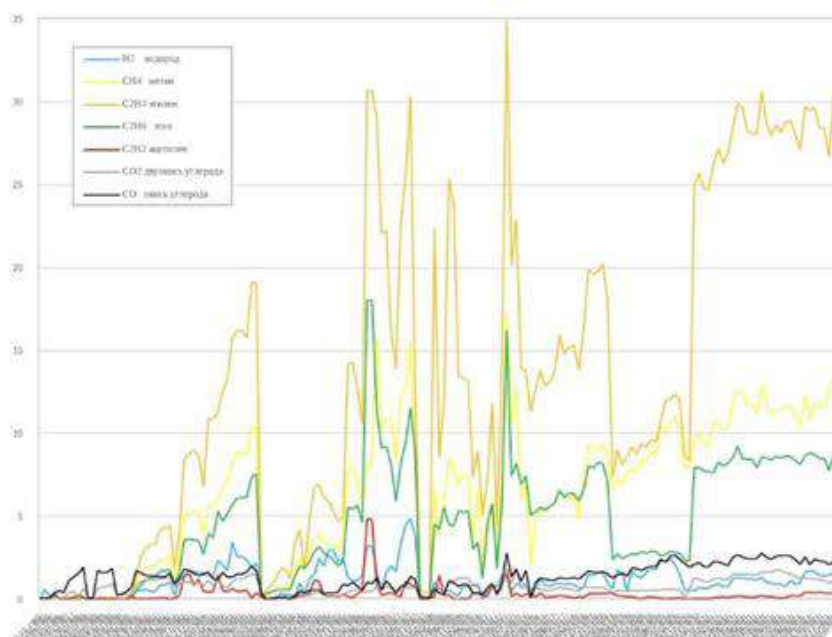


Рис.2. Превышение концентрации газов над граничными значениями от времени

На основании полученных данных персоналом приняты следующие решения: трансформатор нужно эксплуатировать с полностью включенной системой охлаждения; ограничение максимальной нагрузки до 70 МВА.

Подводя итоги, можно сказать, что хроматографический анализ растворённых газов позволяет определять неисправности электрооборудования и вовремя предпринимать необходимые меры.

Источники

1. Воркунов, О. В. Контроль растворенных газов в масле силового трансформатора / О. В. Воркунов, Р. Р. Загруддинов // Электрические сети: надежность, безопасность, энергосбережение и экономические аспекты : Материалы международной научно-практической конференции, Казань, 07 апреля 2021 года / Редколлегия: В.В. Максимов (отв. редактор) [и др.]. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. – С. 86-89. – EDN UUCJUC.

2. Гайнутдинова, Д. Ф. Современное состояние методов диагностики качества трансформаторных масел / Д. Ф. Гайнутдинова // Инновационное развитие и потенциал современной науки : Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции, Прага, 17 февраля 2020 года / под общей редакцией А.И. Вострецова. – Прага: Научно-издательский центр "Мир науки" (ИП Вострецов Александр Ильич), 2020. – С. 10-13. – EDN AXSMFV.

3. Козлов, В. К. Диагностика состояния трансформаторного масла по кислотному числу / В. К. Козлов, Д. М. Валиуллина, Р. А. Гиниатуллин, Т. Ю. Старостина // Развитие общества и науки России в эпоху кризиса: теория, методология, практика : Материалы III Всероссийской научно-практической конференции. В 2-х частях, Ростов-на-Дону, 13–14 апреля 2022 года. – Ростов-на-Дону: Профпресслит - Издательство "Манускрипт", 2022. – С. 158-166. – EDN VLHHBV.

4. Хальясмаа, А. И. Методы интерпретации результатов хроматографического анализа масла трансформаторного оборудования / А. И. Хальясмаа, В. К. Овчинников // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2021. – Т. 13. – № 1(49). – С. 177-190. – EDN XUGCJT.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА ПОСРЕДСТВОМ ПРОВЕРКИ ПАРАМЕТРОВ

А.М. Мингазов¹, М.Ш. Гарифуллин²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

^{1,2}azat.mingazov.2002@mail.ru

В данной работе рассмотрено два метода определения качества трансформаторного масла: измерение абсорбционных характеристик и анализ различных спектров токов поляризации.

Ключевые слова: трансформаторное масло, спектры токов, поляризация, качество, показатели.

EVALUATION OF TRANSFORMER OIL QUALITY BY CHECKING PARAMETERS

A.M. Mingazov¹, M.S. Garifullin²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

^{1,2}azat.mingazov.2002@mail.ru

In this paper, two methods for determining the quality of transformer oil are considered: measurement of absorption characteristics and analysis of various polarization current spectra.

Keywords: transformer oil, current spectra, polarization, quality, indicators.

Для того, чтобы сохранять работоспособность энергосистемы любой страны необходимо обеспечивать безаварийную и безотказную работу силового оборудования, в частности, трансформаторов.

Если обратиться к статистическим данным, то около половины оборудования Российской Федерации имеет отработку свыше своего паспортного срока эксплуатации, а ещё четверть постепенно подходит к концу срока работы. Но на самом деле достаточно трудно судить о реальном техническом состоянии электрооборудования, т.к. его физический и остаточный ресурс не определены.

Важно выделить проблему: существует необходимость создания методов, способных оценивать остаточный ресурс основных силовых аппаратов – трансформаторов. Большинство трансформаторов обладают

масляным охлаждением с различными модификациями: принудительное воздушное охлаждение и циркуляция масла (ДЦ) и др. Основываясь на ГОСТ 16110-82 считается, что срок службы любого силового трансформатора определяется состоянием твердой изоляции. Она является достаточно устойчивой изоляционной средой по сравнению с трансформаторным маслом. Но масло составляет большую часть изоляционного промежутка. Поэтому нужно учитывать как состояние электротехнического картона, так и трансформаторного масла [2].

Для определения состояния трансформаторных масел как диэлектриков используют следующие параметры контроля электрических параметров: сопротивление; коэффициент диэлектрической абсорбции, обобщенный индекс поляризации, вид спектра токов поляризации [1].

Опираясь на показания сопротивления и коэффициент диэлектрической абсорбции можно делать заключения о степени увлажнения и загрязнения диэлектрика. Чаще всего жидкий диэлектрик может содержать такие газы как: этилен (C_2H_4), метан (CH_4), этан (C_2H_6), CO и CO_2 , водород (H_2) и ацетилен (C_2H_2). Испытания на определение коэффициента абсорбции проводят одновременно с измерением сопротивления изоляции и рассчитывают по формуле (1), где R_{60} и R_{15} – величина сопротивления, зафиксированная после 60 и 15 секунд соответственно:

$$k_a = \frac{R_{60}}{R_{15}} \geq 1.3 \quad (1)$$

Исходя из измерений данного коэффициента можно судить о загрязненности масла газами, содержащихся жидком диэлектрике трансформатора, и принимать соответствующие меры в зависимости от получаемых показателей [4].

Рассмотрим графики спектров токов поляризации трансформаторного масла при напряжении в 500 В и однородном электрическом поле (Рис.1). Исходя из данных графиков можно наблюдать, что чем выше ток поляризации, тем выше интенсивность процессов поляризации. На основе этих графиков можно получить информацию о характере и структуре частиц, которые участвуют в процессе.

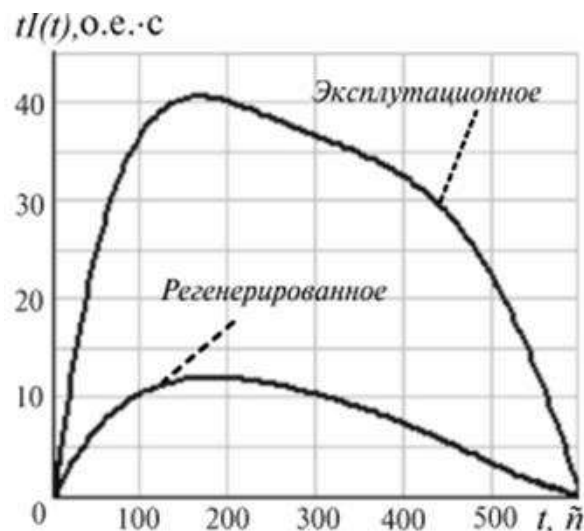


Рис.1. График спектров токов поляризации трансформаторного масла [3]

Подводя итоги, следует отметить, что в процессе измерения сопротивления изоляции можно рассчитать коэффициент абсорбции и при выявлении отклонений допустимых показателей производить дополнительную диагностику или принимать соответствующие меры в зависимости от полученных данных.

Источники

1. Воркунов, О. В. Диагностика технического состояния силовых трансформаторов напряжением 110 КВ / О. В. Воркунов, Р. Р. Загруддинов // Электрические сети: надежность, безопасность, энергосбережение и экономические аспекты : Материалы международной научно-практической конференции, Казань, 07 апреля 2021 года / Редколлегия: В.В. Максимов (отв. редактор) [и др.]. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. – С. 83-85. – EDN OSCXZT.
2. Гайнутдинова, Д. Ф. Современное состояние методов диагностики качества трансформаторных масел / Д. Ф. Гайнутдинова // Инновационное развитие и потенциал современной науки : Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции, Прага, 17 февраля 2020 года / под общей редакцией А.И. Вострецова. – Прага: Научно-издательский центр "Мир науки" (ИП Вострецов Александр Ильич), 2020. – С. 10-13. – EDN AXSMFV.
3. Кисляков, М. А. Многопараметрическая оценка качества трансформаторного масла / М. А. Кисляков, В. А. Чернов, В. А. Чернышев // . – 2017. – № 10. – С. 92-97. – EDN ZNAAPB.

4. Козлов, В. К. Механизмы деградации трансформаторных масел / В. К. Козлов, Д. М. Валиуллина, О. А. Туранова, А. Н. Туранов // Электрические станции. – 2022. – № 2(1087). – С. 41-44. – EDN FCLUNX.

УДК 621.315.615.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА

И.М. Минегалиев

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, профессор В.К. Козлов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

minegaliev.1998@mail.ru

В данной работе проведен анализ применяемых на сегодняшний день методов определения влагосодержания трансформаторного масла. Перечислены недостатки, которые могут повлиять на точность определения влаги. Поставлена задача разработки нового метода и прибора для контроля влагосодержания трансформаторного масла, с помощью которой появится возможность решить существующие недостатки применяемых методов.

Ключевые слова: трансформаторное масло, методы диагностики, влагосодержание.

DETERMINATION OF TRANSFORMER OIL MOISTURE CONTENT

I.M. Minegaliev

KSPEU, Kazan, Russia

minegaliev.1998@mail.ru

This paper analyzes the methods used today for determining the moisture content of transformer oil. The disadvantages that may affect the accuracy of moisture determination are listed. The task of developing a new method and device for controlling the moisture content of transformer oil, with the help of which it will be possible to solve the existing shortcomings of the methods used.

Keywords: transformer oil, diagnostic methods, moisture content.

Важным показателем качества трансформаторного масла является влагосодержание [1-4]. Влагосодержание – это один из параметров трансформаторного масла, определяющих его качество. Данный параметр

является одним из наиболее критических, за которым ведется тщательный контроль. При эксплуатации трансформаторного масла в силовом оборудовании электроэнергетических систем допускается присутствие влаги порядка 10 грамм воды на тонну масла [5]. Поэтому анализ влагосодержания масла с последующей оценкой влагосодержания твёрдой изоляции имеет огромное значение для описания состояния электрооборудования – и это составляет главную цель анализа масла работающего оборудования на содержание воды.

Существует достаточно большое количество различных диагностических методов, позволяющих контролировать количественные и качественные параметры наличия влаги в баках маслonaполненного оборудования. Эти методы позволяют с достаточной, иногда даже несколько избыточной точностью обычно довольно оперативно определять необходимые параметры влагосодержания.

Определяющими недостатками большинства этих методов являются:

- Невозможность применения такого диагностического оборудования на работающих трансформаторах в режиме онлайн.

- Такое оборудование чаще всего рассчитано на использование в лабораторных условиях, а не в жестких условиях эксплуатации открытых распределительных подстанций.

- Достаточно часто стоимость такого диагностического оборудования значительно превышает тот лимит, который могут позволить себе эксплуатирующие организации, приобретающие систему мониторинга трансформаторного оборудования.

Поэтому в реальной практике находят применение только те методы контроля влагосодержания в масле, которые недороги и могут работать в соответствующих жестких условиях. Точность этих методов, по лабораторным меркам, может показаться кому-то недопустимо низкой, но для проведения сравнительного мониторинга параметров масла в процессе эксплуатации чаще всего она оказывается достаточной.

Приоритетной задачей является разработка нового метода и прибора для контроля влагосодержания трансформаторного масла, чувствительного к связанной и эмульгированной воде.

Источники

1. Определение влаги и примесей в трансформаторном масле модифицированным методом Фишера / И. Д. Гиззатова, В. К. Козлов, Д. М. Валиуллина, Р. А. Гиниатуллин // Аналитика. – 2019. – Т. 9. – № 3. – С. 232-235. – DOI 10.22184/2227-572X.2019.09.3.232.235.

2. Соколов В.В. Вопросы оценки и обеспечения надежности силовых трансформаторов / В.В. Соколов, В.А. Лукашук // Соколов В.В. Избранные труды / Сост. А.Г. Овсянников, В.Н. Осотов, В.Н. Бережной. – Екатеринбург: Издательский дом «Автограф», 2010. С. 22–30.

3. Ванин Б.В. О повреждениях силовых трансформаторов напряжением 110-500 кВ в эксплуатации / Б.В. Ванин, Ю.Н. Львов, М.Ю. Львов, Б.Н. Неклепаев, К.Н. Антипов, А.С. Сурба, М.И. Чичинский // Электрические станции. – 2001. – № 9. С. 53–58.

4. Статистические данные о повреждении трансформаторов. Обзор 12-го комитета СИГРЭ. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://leg.co.ua/transformatory/praktika/pozharobezopasnost-silovyh-transformator-yov-2.html> (дата обращения: 01.03.23).

5. Патент № 2751452 С1 Российская Федерация, МПК G01N 21/59. Способ определения влагосодержания трансформаторного масла: № 2020136714 : заявл. 09.11.2020 : опубл. 14.07.2021 / В. К. Козлов, О. Е. Куракина, О. А. Туранова, А. Н. Туранов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Казанский государственный энергетический университет".

УДК 64.066.82

ПРЕИМУЩЕСТВА УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ КАК МЕТОДА ОБНАРУЖЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ И СЕТЯХ

А.Р. Мифтахов

Науч. рук. канд. тех. наук, доцент А.Х. Сабитов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

aidar.miftakhof@yandex.ru

Проведен теоретический анализ технологии применения инструментов выявления неисправностей в электрических установках, также рассмотрена его экономическая эффективность, представлены основные преимущества ультразвукового детектора.

Ключевые слова: энергосистема, эффективность, неисправности, электрические сети, электросистема, электрооборудование.

THE ADVANTAGES OF ULTRASONIC FLAW DETECTION AS A METHOD OF FAULT DETECTION IN ELECTRIC POWER SYSTEMS AND NETWORKS

A.R. Miftakhov
KSPEU, Kazan, Russia
aidar.miftakhof@yandex.ru

A theoretical analysis of the technology of using fault detection tools in electrical installations is carried out, its economic efficiency is also considered, and the main advantages of an ultrasonic detector are presented.

Keywords: power system, efficiency, malfunctions, electrical networks, electrical system, electrical equipment

Неисправности электрооборудования могут создать условия потери электроэнергии при её распределении, привести к полному прекращению работы всей энергосистемы, что является непосредственной угрозой безопасности на предприятиях: это может не только серьезно ранить или даже привести к летальному исходу работников, находящихся в непосредственной близости, но и повредить оборудование, отключить подачу электроэнергии и вызвать простои в течение нескольких дней, повлиять на близлежащую электрическую сеть [2, 3].

Технические испытания и теоретический анализ демонстрируют, что периодическая диагностика электроустановок с применением ультразвукового детектора способствуют своевременному выявлению неисправностей в электрических сетях и системах, тем самым предотвращая аварийные ситуации (возможно избежание до 30% потери энергии путем устранения утечки [3]). И именно ультразвуковой детектор показал себя как наиболее эффективный инструмент при поиске утечки.

Метод такого контроля заключается в возможности проникновения высокочастотных волн в металл и отражения от поверхности пустот, трещин и других несплошностей.

Сегодня инструменты такого типа продолжают находить широкое применение в зарубежных электроэнергетических компаниях. Совершенствуется разнообразие моделей ультразвуковых детекторов и их функционал, например, настройка частоты, которая теперь доступна в большинстве моделей. Эта функция существенно снижает фоновые шумовые помехи, гарантируя беспрецедентную простоту детекции нарушений разных типов.

При диагностике посредством ультразвуковой дефектоскопии обнаруживается широкий диапазон сбоев в электроэнергетических сетях, который включает в себя частичные разряды, дугообразование, неисправности силового трансформатора, повреждение кабельных линий, износ подшипников генераторов и электромоторов, трещины в сплошных материалах.

Ультразвуковой контроль не повреждает исследуемые элементы. Возможен контроль изделий из разнообразных материалов. С помощью ультразвукового контроля можно очень точно определить местонахождение дефекта.

Кроме того, можно выделить высокую скорость, мобильность исследования ультразвуковым дефектоскопом при низкой стоимости и отметить безопасность для человека (по сравнению с рентгеновской дефектоскопией [1]).

Помимо вышеупомянутого необходимо отметить еще одно важное преимущество инструментов типа ультразвукового детектора, состоящее в том, что благодаря внедрению современных технологий ультразвуковая диагностика электроустановок подстанций и предприятий производится на безопасном расстоянии от высоковольтных элементов системы.

Таким образом, ультразвуковая дефектоскопия обеспечивает значительную экономию энергии и безопасность за счет обнаружения утечек и неисправных элементов. Анализируемый метод дает возможность проведения контроля изделий из различных материалов, не повреждая их, высокоточного определения местонахождения дефекта, обеспечения высокой скорости, мобильности исследования при низкой стоимости. Но одним из главных преимуществ стоит отметить безопасность для человека.

Источники

1. Лаборатория контроля нефти и газа – 2018. [Электронный ресурс]. URL: <https://lkng.ru> (дата обращения 16.11.2019)
2. Кретов Е. Ф. Ультразвуковая дефектоскопия в энергомашиностроении // СВЕН. 2007. Т. 312. №2. С. 296
3. Криворудченко В.Ф., Ахмеджанов. Р.А. Современные методы технической диагностики и неразрушающего контроля деталей и узлов подвижного состава железнодорожного транспорта // Маршрут. Москва, 2005. С. 436.

ВИБРАЦИОННЫЙ МЕТОД ДИАГНОСТИКИ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА

А.Р. Мифтахов

Науч. рук. канд. тех. наук, доцент А.Х. Сабитов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

aidar.miftakhof@yandex.ru

В данной статье рассматривается вибрационный метод диагностики трансформаторов и автотрансформаторов. Описаны основные факторы, которые оказывают влияние на общую характеристику вибрационных колебаний. Выявлены преимущества метода диагностики.

Ключевые слова: техническая диагностика, трансформатор, вибрационные колебания, частота вибрации, системы мониторинга.

VIBRATION METHOD OF POWER TRANSFORMER DIAGNOSTICS

A.R. Miftakhov

KSPEU, Kazan, Russia

aidar.miftakhof@yandex.ru

This article discusses the vibration method of diagnostics of transformers and autotransformers. The main factors that influence the general characteristics of vibration vibrations are described. The advantages of the diagnostic method are revealed.

Keywords: technical diagnostics, transformer, vibration vibrations, vibration frequency, monitoring systems

Продление срока эксплуатации электрооборудования в связи с экономической ситуацией, которую мы наблюдаем сегодня в энергетике, является необходимой мерой. Техническая диагностика направлена на поиск и анализ внутренних причин неисправности оборудования. Решение задачи по оценке технического состояния электротехнического оборудования электрических сетей в значительной мере связано с внедрением эффективных методов инструментального контроля и технической диагностики [2].

Даже несмотря на то, что существует множество методов диагностики трансформаторного оборудования, данная тема остается

актуальной по ряду причин: отсутствие универсальных критериев оценки технического состояния электроустановок, скорость развития и распространения в них дефектов, сложность процесса прогнозирования остаточного ресурса оборудования.

Результаты исследований устанавливают, что вибрационный метод диагностики трансформаторного оборудования обладает рядом преимуществ по сравнению с другими. Метод удобен тем, что позволяет идентифицировать дефекты под рабочим напряжением. На практике посредством вибрационного обследования можно оценить состояние фундамента силового оборудования, системы охлаждения и масляных насосов, качества прессовки обмоток трансформатора и магнитопровода.

Работа силового трансформатора сопровождается вибрацией, вызванной различными источниками, которая может быть зафиксирована на разных частотах в разных местах электроустановки.

В нормальном режиме функционирования основным источником вибрации являются обмотка и магнитопровод. Вибрационные колебания распространяются по баку трансформатора, передаваясь через трансформаторное масло и элементы конструкции. Чтобы выделить вибрации магнитопровода и обмоток в общую вибрационную характеристику трансформатора, следует проводить измерение в нагрузочном режиме и в режиме холостого хода: поскольку в режиме холостого хода электродинамические силы в обмотках трансформатора практически отсутствуют, то зафиксированные характеристики вибрационных колебаний будут представлять по большей части вибрацию магнитопровода. В режиме нагрузки в характеристике будут присутствовать обе составляющие.

Действие охлаждающих вентиляторов и масляных насосов сопровождается вибрациями низкой частоты. Детали небольшого размера, которые не связаны с магнитопроводом и обмотками вызывают вибрационные колебания высокой частоты. Вибрация обмоток в исправном состоянии не является существенной, однако при определенных дефектах, возникающих в процессе эксплуатации, ее значение многократно увеличивается.

Контроль электрооборудования на базе вибрационного метода функциональной диагностики обеспечивает выделение информативных составляющих из измеряемого сигнала и регистрацию моментов превышения ими пороговых значений. Превышение порогов определяется как неисправность элемента. Современные системы мониторинга позволяют уже не только контролировать величины параметров, сравнивая

их с пороговыми значениями, и выявлять тенденции их изменения во времени, но и прогнозировать время, когда они достигнут пороговых значений [1].

Возможности диагностических систем определяются выбором диагностического сигнала и метода контроля. Сигнал вибрации содержит достаточную диагностическую информацию, с помощью которой можно обнаружить дефект, вид и глубину этого дефекта, определить прогноз его развития.

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что контроль значений вибрации, возникающей в трансформаторном оборудовании, является одним из наиболее высокоэффективных методов оценки состояния прессовки обмоток и магнитопровода силового трансформатора, который целесообразно использовать с другими способами диагностирования, такими как ультразвуковая дефектоскопия, анализ трансформаторного масла и инфракрасная термография.

Источники

1. Баркова Н.А. Современное состояние виброакустической диагностики машин – Ассоциация ВАСТ, 2002.
2. Вавилов В.П., Александров А.Н. Инфракрасная термографическая диагностика в строительстве и энергетике. М. : НТФ «Энергопрогресс», 2003. С. 360.

УДК 621.31:339.13

АЛГОРИТМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

А.Л. Парамонов ¹, Т.Н. Мифтахов ²

Науч. рук. доц. Р.Н. Мухаметжанов

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

¹ toshaparamonov@mail.ru, ² talgat737@gmail.com

В работе предлагается использование регрессионного и корреляционного анализа статистических данных потребления электроэнергии за несколько предыдущих лет для составления прогнозной оценки энергопотребления электротехнического комплекса с минимальной погрешностью.

Ключевые слов: учёт электроэнергии, прогнозирование, алгоритм, экспоненциальное сглаживание.

AN ALGORITHM FOR PREDICTING THE CONSUMPTION OF ELECTRICAL ENERGY IN THE ELECTRICAL NETWORK

A.L. Paramonov ¹, T.N. Miftakhov ²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

¹ toshaparamonov@mail.ru, ² talgat737@gmail.com

The paper proposes the use of regression and correlation analysis of statistical data on electricity consumption for several previous years to make a forecast estimate of the energy consumption of the electrical complex with a minimum error.

Keywords: electricity accounting, forecasting, algorithm, exponential smoothing.

В связи со сложившейся в последний год негативной для России международной политической обстановки по ограничению доступа к иностранным специализированным программным продуктам, актуальной становится задача по разработке доступных математических решений. Возможное решение по расчету ожидаемого потребления электроэнергии можно отразить в строгой методике прогнозирования [1].

В качестве объекта исследования рассмотрено потребление электроэнергии в филиале АО «Сетевая компания» «Елабужские электрические сети». За расчётные данные приняты помесечные значения потребленной электроэнергии за период 2017-2020 годы, графически представленные на рисунке:



Графики потребления электроэнергии в МУП «Елабужские электрические сети» за период 2017-2020 годов

Входными расчётными данными являются зафиксированные объёмы потребления электроэнергии за прошедшие до оценки три года, обозначаемы как $E_{(i(j-3))}$, $E_{(i(j-2))}$, $E_{(i(j-1))}$. Очевидно, что требуется учёт и климатических характеристик указанного периода времени. При этом достаточно будет учитывать среднемесячные температуры воздуха в данном временном отрезке – $t_{i(j-3)}$, $t_{i(j-2)}$, $t_{i(j-1)}$. Предлагаемый алгоритм расчёта должен учитывать и непредвидимые отклонения потребления электроэнергии от усредненных линейных значений в следствие случайных событий.

Проанализировав данные рисунка, можно зафиксировать, что в феврале 2018 года наблюдается превышение объема потребления электрической энергии по отношению к февралю 2017 года. При этом уже в следующем 2019 году произошел возврат энергопотребления к усреднённым значением, что свидетельствует о стохастическом характере зафиксированного в 2018 году значения.

В работе [2] приведено уравнение регрессии, которое позволяет провести коррекцию трехлетних значений энергопотребления с учётом климатического температурного влияния, получив таким образом прогнозные значения объёмов потребления электроэнергии за март, апрель, май, июнь, июль и декабрь. Рассчитанное на этом этапе предполагаемое значение электропотребления в июле E_{7j} используется для прогнозирования данных по состоянию на январь, февраль, октябрь и ноябрь, разумеется, с коррекцией на статистические данные потребления в эти месяцы за прошлый год. Подобные операция повторяется циклические до окончания прогнозирования потребления электроэнергии за август и сентябрь.

Несомненным преимуществом предлагаемой методики является тот факт, что уровень детализации расчета не требует применения специализированного программного обеспечения. Расчет может быть произведен как с помощью простейшего калькулятора, так и при помощи базовых функциях электронных таблиц любого офисного редактора.

Анализ литературных источников [2, 3] показывает, что сетевые организации используют преимущественно экспертный метод оценки энергопотребления, который имеет ряд недостатков, заключающаяся в том, что прогноз осуществляется сотрудниками организации, который использует лишь свой личный профессиональный опыт, поэтому прогноз может получиться недостоверным, с недостаточной точностью и сомнениями в отношении непредвзятости эксперта.

Таким образом, применение для получения прогнозных оценок потребления электроэнергии автоматизированных информационных средств повышает скорость и достоверность расчетов, уменьшая при этом возможные уровни погрешности.

Источники

1. Данилов М.И., Романенко И.Г. Оперативный расчет потерь электроэнергии в сети с неизвестными параметрами в АИИС КУЭ. Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2020;22(5):116-127.
2. Мызникова М.Н. Модель прогнозирования энергопотребления // УЭКС. 2017. №6 (100). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/model-prognozirovaniya-energopotrebleniya-1> (дата обращения: 07.03.2023).
3. Паздерин А.В., Мухлынин Н.Д. Потокковая модель оценивания состояния и оптимизации режимов работы распределительных сетей. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2016;(9-10):3-15.

УДК 621.316.11

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОЦЕНИВАНИЯ СОСТОЯНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ПО ДАННЫМ ОНЛАЙН МОНИТОРИНГА ПОТРЕБЛЕНИЯ

А.А. Пигалин¹, Ш.Р. Яхин², И.Ф. Галиев³

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹artempigalin@mail.ru, ²reventon.201223@gmail.com, ³galievi.f@list.ru

В статье кратко изложена концепция разрабатываемой интегрированной экспертной системы диагностики (ИЭСД) оборудования распределительной сети (РС) 10/0,4 кВ, а также представлен алгоритм оценивания состояния реальной нагруженной сети по данным онлайн мониторинга всех точек отпуска (потребления) электрической энергии. Предложенный алгоритм является методической основой модуля расчета режимов сети аналитического комплекса экспертной системы (Базы Знаний).

Ключевые слова: алгоритм, распределительная сеть, моделирование режима сети, итерационный метод.

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR ASSESSING THE STATE OF THE DISTRIBUTION NETWORK BASED ON ONLINE CONSUMPTION MONITORING DATA

A.A. Pigalin¹, Sh.R. Yakhin², I.F. Galiev³

^{1,2,3}KSPEU, Kazan, Russia

¹artempigalin@mail.ru, ²reventon.201223@gmail.com, ³galievi.f@list.ru

The article briefly outlines the concept of the developed integrated expert diagnostic system (IEDS) for 10/0.4 kV distribution network (DN) equipment, and also presents an algorithm for estimating the state of a real loaded network based on online monitoring data of all points of supply (consumption) of electrical energy. The proposed algorithm is the methodological basis of the module for calculating the network modes of the analytical complex of the expert system (Knowledge Base).

Keywords: algorithm, distribution network, network mode modeling, iterative method.

В рамках разработки концепции ИЭСД оборудования РС на основе технологии искусственного интеллекта с целью эффективной эксплуатации объектов электрических сетей осуществляется интеграция существующих и дополнительных подсистем оффлайн и онлайн мониторинга реальных объектов схемы электроснабжения (СЭ) в единую систему сбора, обработки, анализа данных и принятия решений. Это позволит в режиме реального времени производить оценивание состояния РС и оптимизировать режимы потребления по параметрам надежности, уровням напряжений и потерям электроэнергии.

Научная значимость состоит в разработке методики, алгоритмов и расчетных программ для оптимизации мест автоматического секционирования РС 10 кВ с онлайн контролем сезонного потребления, учетом допустимого срока окупаемости мероприятий на фидерах (их целесообразности) [1] по критериям: минимальных потерь и суммарного недоотпуска электроэнергии (ущерба) при обеспечении нормативных показателей напряжения в точках отпуска 0,4 кВ [2].

Анализ структуры, характера нагрузок, средств измерений и регулирования напряжений схем РС 10/0,4 кВ предполагается выполнить на основе двух закольцованных фидеров, питающихся с разных центров питания 10 кВ, общей протяженностью ЛЭП около 25 км. (рис. 1). Данные объекты находятся на балансе филиала АО "Сетевая компания" Приволжские электрические сети (ПЭС). На данном этапе формируются

разделы реляционной базы данных и расчетные модули аналитического комплекса экспертной системы.

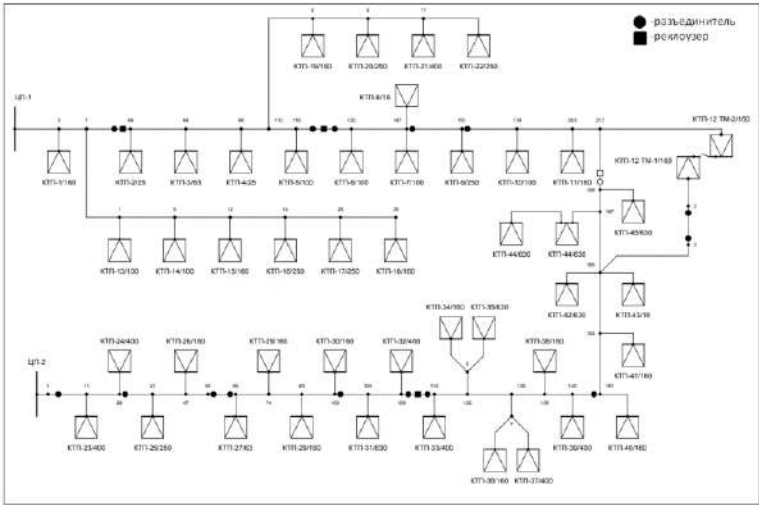


Рис. 1. Электрическая схема распределительной сети 10 кВ

На начальном этапе реализации проекта необходимо разработать алгоритм расчёта установившихся режимов (УР) разомкнутых и замкнутых фидеров с древовидной структурой и распределенной вдоль линий нагрузкой для оценки состояния сети.

Структура обработки данных в программном комплексе (ПК) выполняется по следующему алгоритму (рис. 2):

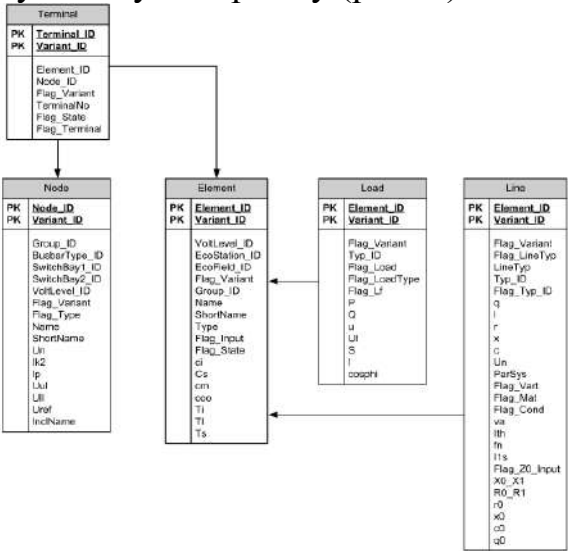


Рис. 2. Структура обработки данных в ПК

Топология сети описывается с помощью таблицы узлов. Терминальные таблицы присоединяют элементы узла и ответвления к

узлу и используются для построения всей топологии сети. Далее создаются данные модели сети и проводится их анализ.

Исходными данными для расчета УР являются схема электрических соединений и ее параметры: значения сопротивлений и проводимостей элементов; мощности нагрузок или их профили, полученные в реальном времени; значения напряжений $U_{ном}$ (на шинах ПС).

Расчет УР заключается в определении нижеследующих параметров: токов в ветвях; напряжений в узлах; мощностей в начале и конце участков сети; потерь электроэнергии в элементах сети.

Рассчитывается ток линии I_p по формуле:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}$$

где S_p – полная мощность участка, [МВА].

Также в расчетах учитывается значение потерь напряжения в линии $\Delta U_{вл}$ и дается оценка его величины, если оно превышает допустимое значение [3]. Для расчета потерь напряжения участка длиной $L_{вл}$ применяется формула:

$$\Delta U_{вл} = \sqrt{3} \cdot I_p \cdot L_{вл} \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi)$$

где r_0 и x_0 – удельное активное и индуктивное сопротивления, [Ом]; φ – угол сдвига фаз между силой тока и напряжением.

ПК обеспечивает расчет УР методом «Ньютона-Рафсона» с количеством итераций не более 200, что позволяет получить результаты с заданной точностью.

Источники

1. Яхин Ш.Р., Галиев И.Ф., Гизатуллин А.Р., Маклецов А.М. Методика ранжирования эффективности мероприятий по реконструкции и модернизации участков распределительной сети // XVII Диспетчеризация и управление в электроэнергетике. - Казань: 2022. - С. 370-373.

2. Яхин Ш.Р., Галиев И.Ф. Оптимизация вариантов секционирования распредсети с оценкой их эффективности // CHRONOS. - 2022. - №7(69). - С. 38-39.

3. I. F. Galiev, R. Y. Shamil, A. M. Makletsov, R. I. Galiev, "Development of Methods to optimize the Number and Places of Installation of Active-Adaptive Sectionalizing Elements with an Assessment of the Effectiveness of Measures in the Distribution Network," 2022, UralCon, Magnitogorsk, pp. 445-452.

МЕТОДЫ ПОИСКА НЕИСПРАВНОСТЕЙ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ

¹К.Д. Разживина, ²В.В. Максимов

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹razzhivina_karina@mail.ru, ²viktor.maksimov.1968@mail.ru

В данном тезисе рассмотрено несколько методик поиска повреждений и прочих неисправностей кабельных линий. Выделена наиболее функциональная и простая методика – индукционный метод поиска глубины и определения траектории залегания кабеля в грунте.

Ключевые слова: кабельные линии, неисправности, диагностика повреждений, трассировка, трассопоисковый комплект.

METHODS OF TROUBLESHOOTING CABLE LINES IN AN URBAN ENVIRONMENT

¹K.D. Razzhivina, ²V.V. Maximov

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

¹razzhivina_karina@mail.ru, ²viktor.maksimov.1968@mail.ru

In this thesis, several methods of searching for damages and other malfunctions of cable lines are considered. The most functional and simple method is identified – the induction method of depth search and determination of the trajectory of the cable in the ground.

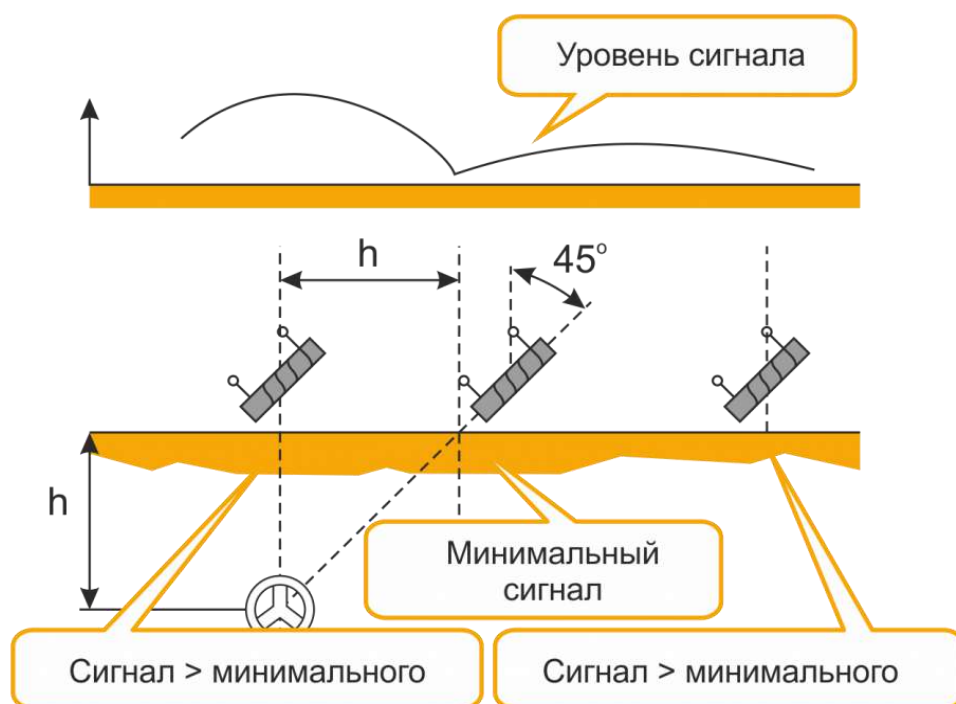
Keywords: cable lines, malfunctions, damage diagnostics, tracing, traceroute kit.

В связи с нарастающими темпами электрификации и возрастающими нагрузками на энергетические системы нередко возникают повреждения или неисправности кабельных линий. Именно поэтому актуально использовать бесконтактные методы поиска повреждения линий. Ещё различные неисправности возникают при различных ремонтных работах, в частности при раскопках коммуникаций случается непредвиденное повреждение коммуникаций, в том числе кабельных линий. Существует несколько видов исполнения, на данный момент самыми популярными являются трёхфазные с бумажно-пропитанной изоляцией и сшитый

полиэтилен, т.к. первый является классикой, а второй обладает неплохой прочностью и ценой.

Во время ремонтных работ довольно часто возникают случаи случайного задевания спецтехникой старого кабеля и в неизвестном месте он получил неисправность. Именно для этого необходимо рассмотреть различные методы поиска неисправностей кабельных линий: импульсный и импульсно-дуговой метод; метод ёмкостного/колебательного заряда/разряда; петлевой метод; индукционный метод; акустический метод.

В качестве объекта исследования выступил индукционный метод. Данный метод предполагает определённое оборудование: трассопоисковый комплект, оснащённый наушниками и электромагнитной антенной (схож с акустическим); генератор звуковых частот и сам кабель. Для успешной диагностики необходимо найти два конца кабеля, с одной подключается генератор звуковых частот, а с другой заземление. Трассопоисковый комплект Успех КБИ 400 имеет возможность менять диапазон частот, что позволяет использовать как акустический, так и индукционный метод одновременно (см. рис.).



Индукционный метод с техникой определения глубины залегания

В ходе работы исследователей выявлено несколько зависимостей: оптимальный ток нагрузки от генератора на кабель звуковых частот:

12-14 А; подтверждено наличие экранирующих элементов в трассе; структура грунта влияет на сигнал.

Отмечено, что проектная документация не соответствует действительности, а профили пилотного бурения не отражают настоящую глубину. В некоторых случаях глубина была близка к профилю, это показывает, что погрешность показаний прибора довольно несущественна [1-3].

Подводя итог, можно сказать, что индукционный метод обладает довольно широким спектром поиска кабельной линии, от определения траектории залегания и глубины, до определения точного места неисправности кабеля. При помощи данного метода можно сократить экономические расходы, т.к. разрушается меньше существующей инфраструктуры. Именно поэтому применение данного метода является актуальным в рамках поиска мест повреждений.

Источники

1. Поисково-диагностический комплект кабелеискатель «Успех КБИ-406Н». Инструкция по эксплуатации. - С. 17.

2. Induction Method for Parameters Control of Cable Lines laying at the Electricity Distribution Network Polygon / R. R. Askarov, S. S. Filimonov, K. V. Nikolaev, R. N. Mukhametzhanov // Proceedings of the 2022 4th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering, REEPE 2022 : 4, Moscow, 17–19 марта 2022 года. – Moscow, 2022. – DOI 10.1109/REEPE53907.2022.9731465. – EDN EENKZQ.

3. Богданова, Р. И. Акустический метод определения места повреждения кабельной линии / Р. И. Богданова // Тинчуринские чтения - 2022 "Энергетика и цифровая трансформация": Сборник статей по материалам конференции. В 3-х томах, Казань, 27–29 апреля 2022 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Том 1. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. – С. 46-49. – EDN EOBLPW.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

К.Д. Разживина¹, В.В. Максимов²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹kristina_razzhivina@mail.ru, ²viktor.maksimov.1968@mail.ru

В данной работе рассмотрены основные способы повышения надежности электроснабжения, осуществляемые вследствие модернизации электрической сети. Дано описание техническим мероприятиям, повышающим надежность. Проанализированы плюсы и минусы мероприятий, наиболее часто встречающихся на практике, сделаны выводы об эффективности рассмотренных методов, а также их влиянии на дальнейшее развитие электрических сетей.

Ключевые слова: электрические сети, модернизация, цифровые технологии.

MODERNIZATION OF ELECTRIC NETWORKS

K.D. Razzhivina¹, V.V. Maksimov²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

¹kristina_razzhivina@mail.ru, ²viktor.maksimov.1968@mail.ru

This paper discusses the main ways to improve the reliability of power supply, carried out as a result of the modernization of the electrical network. A description is given of technical measures that increase reliability. The pros and cons of the measures most frequently encountered in practice are analyzed, conclusions are drawn about the effectiveness of the considered methods, as well as their impact on the further development of electrical networks.

Keywords: electrical networks, modernization, digital technologies.

Уровень технического состояния электрических сетей выступает одним из основных параметров оценки энергетической отрасли любой страны.

Развитие экономической и социальной составляющих жизни страны подразумевает увеличение повышение электропотребления, а значит и увеличение выработки электрической энергии. Однако износ и старение оборудования в данных условиях могут привести к выходу из строя энергосистемы. Это значит, что развитие электросетевой отрасли необходимо считать приоритетным как для электроэнергетических

компаний, так и для страны в целом, а вопрос модернизации электрических сетей особенно актуален сегодня.

Цель модернизации электрической сети, при ее несоответствии установленным нормам, является сокращение количества отключений и их продолжительности. При этом выбор оборудования, его количества и места установки опирается на нормировании уровня надежности при наименьших экономических затратах.

К техническим мерам повышения надежности электрической сети относятся:

- использование элементов сети, изготовленных из усовершенствованных материалов (композит);
- секционирование линий, с помощью установки дополнительных выключателей с АПВ, автоматических отделителей и разъединителей;
- резервирование, использование большего количества трансформаторов с двусторонним питанием;
- дробление крупных подстанций 10/0,4 кВ, раздельное питание промышленных и бытовых потребителей.

Разберем некоторые из перечисленных мероприятий.

Добиться повышения надежности элементов электрической сети возможно путем изготовления их из высокопрочных материалов, использования проводов с повышенной пропускной способностью, облегченных подземных кабелей, самонесущих изолированных проводов (СИП) [1].

Одним из перспективных направлений является использование полимерных (композитных) опор и изоляторов. При этом данные линейные элементы соответствуют необходимым свойствам. Таким как высокая удельная прочность, высокая защищенность от окружающей среды, высокие изоляционные свойства (пробивная напряженность не менее 30 кВ/мм).

Также важным мероприятием является разделение на секции высоковольтных линий. Преимуществами данного решения являются сокращение протяженности линии, отключаемой при неисправности. Наиболее возможным является секционирование сети 10(6) кВ. При разделении линии, в начале каждой секции устанавливается специальное секционирующее оборудование, отключающее поврежденные участки, при этом не нарушая нормальной работы остальных секций. Выбор места установки секционирующих аппаратов обуславливается условием максимального сокращения ущерба от выхода из работы сети.

Резервирование – мероприятие, позволяющее исключить недоотпуск электрической энергии. Это мероприятие дает возможность проводить плановые ремонтные работы и отключения без обесточивания потребителей.

Помимо использования технических способов, модернизацию возможно провести путем цифровизации электросетей. Фундаментальным элементом цифровой сети является интеллектуальная система учета электрической энергии, которая отвечает за мониторинг и диагностику силового оборудования, контроль качества электроэнергии, объема услуг, противоаварийную защиту. К интеллектуальным сетям предъявляют следующие требования: самовосстановление после сбоев, защищенность от киберугроз, способность подстраиваться под потребителя, доступность для новых потребителей. Данное решение позволит потребителям управлять энергопотреблением в режиме реального времени [2].

Рассмотренные способы модернизации электрической сети являются актуальными и на сегодняшний день и имеют возможность дополнять друг друга, тем самым повышая надежность и стабильность электроснабжения. Проведенное исследование доказывает, что на сегодняшний день существуют реальные возможности проведения модернизации, причем не только за счет использования новых материалов, но и за счет внедрения новых решений в области надежности передачи и распределения электроэнергии.

Источники

1. Максимов, В. В. Приоритетность включения электросетевого оборудования подстанций в программу технического обслуживания и ремонта межрегиональной распределительной сетевой компании / В. В. Максимов, И. М. Валеев, В. Г. Макаров. – Казань : Казанский государственный энергетический университет, 2021. – 92 с. – ISBN 978-5-89873-579-1. – EDN WNHWJC.

2. Мавляветдинов, А. А. Снижение потерь электроэнергии в распределительных сетях / А. А. Мавляветдинов, Д. М. Валиуллина // XVI Всероссийская открытая молодежная научно-практическая конференция «Диспетчеризация и управление в электроэнергетике», Казань, 20–21 октября 2021 года. – Казань: Общество с ограниченной ответственностью "Издательско-полиграфическая компания "Бриг", 2022. – С. 162-164. – EDN KICQHF.

АРХИТЕКТУРА НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ИНТЕПРЕТАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА РАСТВОРЕННЫХ ГАЗОВ

Ш.Ф.Рахманкулов¹, М.Ш.Гарифуллин², .А.Р. Гизатуллин³

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

¹shamil74000@mail.ru ²g_marsels@mail.ru ³caff.tatap4uk@gmail.com

В тезисе предложена архитектура системы диагностики неисправностей силовых трансформаторов на базе хроматографического анализа растворенных газов (ХАРГ) и искусственных нейронных сетей (ИНС). Сформированная нейронная сеть поможет провести неочевидные связи, между физико-химическими параметрами масла и показаниями ХАРГ, или оценить шумовой эффект с онлайн-хроматографа во многом имея ретроспективные данные по ключевым параметрам их интерпретация и решение задачи построения и извлечения более точных результатов и классификации дефектов станет более явной для выполнения.

Ключевые слова: хроматографический анализ растворенных газов, нейронные сети, классификация дефектов.

NEURAL NETWORK ARCHITECTURE FOR INTERPRETING THE RESULTS OF CHROMATOGRAPHIC ANALYSIS OF DISSOLVED GASES

S.F.Rakhmankulov¹, M.S. Garifullin², .A.R. Gizatullin³

^{1,2,3}KSPEU, Kazan, Russia

¹shamil74000@mail.ru ²g_marsels@mail.ru ³caff.tatap4uk@gmail.com

The thesis proposes the architecture of the system of fault diagnosis of power transformers based on chromatographic analysis of dissolved gases (DGA) and artificial neural networks (ANN). The formed neural network will help to make non-obvious connections between the physical-chemical parameters of oil and DGA readings, or to assess the noise effect with online-The chromatograph interpretation and solution of the problem of constructing and extracting more accurate results and classification of defects will become more obvious.

Keywords: chromatographic analysis of dissolved gases, neural networks, classification of defects.

В энергетических системах всего мира сложилась ситуация, когда средний возраст наиболее дорого оборудования подстанций – силовых маслонаполненных трансформаторов – во всём мире превышает 30 лет [1]. В этих условиях необходимо разрабатывать новые подходы к оценке и предиктивной диагностики трансформаторного электрооборудования. В настоящее время хроматографический анализ растворенных в масле газов (ХАРГ) является одним из наиболее значимых для обнаружения зарождающихся в силовых трансформаторах дефектов на ранней стадии [2]. Физико-химические параметры трансформаторного масла сами по себе являясь весомой метрикой в определении состояния развивающихся дефектов, явно влияют и на результаты ХАРГ, но в классической интерпретации данного анализа на них не делаются поправки. Очевидно, существует некая нелинейная связь между физико-химическими параметрами масла и результатами ХАРГ. Чтобы установить данную связь необходимо обратиться к ретроспективным данным, поскольку благодаря их наличию можно построить если не четкие математические модели влияния физико-химического анализа на ХАРГ, то, по крайней мере, вывести некую форму Байеса по показаниям данных и провести кросс-анализ. При отсутствии данных об авариях можно обучить нейронную сеть воспользовавшись технологией разметки данных по характеру экспертизы, т.е. со стороны оценки различных метрик. По соотношениям можно выставить степень риска или шанса развития какого-либо дефекта. Используя множественные метрики и методики для кросс-валидации, возьмем следующие методики: Метод соотношений Дорненбурга, Метод соотношений Роджерса, Метод треугольника Дюваля [3]. Имея ретроспективные данные и экспертные метки получаем данные в виде, изображенном на рисунке 1.

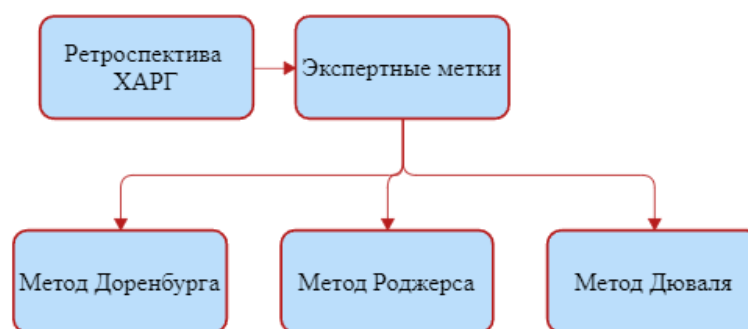


Рис.1 Разметка ретроспективных данных ХАРГ

Благодаря данным разметкам можно так или иначе решить задачу классификации методами кросс-валидации различных методик оценки состояния показателей ХАРГ [2]. Для этого можно использовать методику нейронных сетей. В нашем случае рационально использовать алгоритмы нейронных сетей с контролируемым обучением на основе алгоритма Левенберга-Марквардта. Данный алгоритм требует гораздо меньше итераций для конвергенции по сравнению с некоторыми методами, что делает его оптимальным для диагностики силового трансформатора на основе ХАРГ. В данном случае применения пять основных предварительных газов для диагностики силовых трансформаторов: ацетилен (C_2H_2), этан (C_2H_6), этилен (C_2H_4), угарный газ (CO), углекислый газ (CO_2), водород (H_2) и метан (CH_4) выбраны в качестве входных характеристик. Топология классификации и работы нейронной сети будет иметь 4 слоя, два из которых будут скрытые слои один входной и один выходной с непосредственной классификацией. Первый скрытый слой – это физико-химические параметры. Второй – встроенная детализация, а именно Э1-Э4 (частичные разряды с различной долей интенсивности), Т1-Т4 (термические дефекты с различной долей интенсивности), ЭТ (разрядный и термический дефект). Вся топология представлена на рисунке 2.



Рис. 2 Топология нейронной сети для классификации дефектов

Благодаря данной топологии нейронной сети мы можем представить зависимость ХАРГ от физико-химического анализа как некий наивный байесовский классификатор, который покажет степень корреляции параметров, на базе тех ретроспективных данных, которые имеются в нашем распоряжении по парку трансформаторов.

Источники

1. Li Z., Jiao Z., He A. Knowledge-based artificial neural network for power transformer protection. IET Generation, Transmission & Distribution, 2020, № 24, С. 5782–5791.
2. Li Z., Jiao Z., He A. Knowledge-based artificial neural network for power transformer protection. IET Generation, Transmission & Distribution, 2020, vol. 14, №. 24, С. 5782–5791.

З. Ившин И.В., Галяутдинова А.Р., Владимиров О.В., Низамиев М.Ф., Усманов И.К. Методика онлайн оценки технического состояния трансформаторной подстанции 35/6(10) кВ по коэффициенту экспресс-анализа. *Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ*. 2021;23(4):14-26.

УДК: 621.315.1

АКУСТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

¹А.Р. Сагитов, ²А.Р. Ахметов

Науч. рук. д-р техн. наук, доцент М.Ш. Гарифуллин

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

^{1,2}zzz2208@yandex.ru

В данной работе рассмотрено применение акустического метода в качестве метода определения места повреждения кабельных линий в городской среде.

Ключевые слова: место повреждения, кабельная линия, городские зоны, изоляция.

ACOUSTIC METHOD FOR DETERMINING DAMAGE TO THE INSULATION OF CABLE LINES

¹A.R. Sagitov, ²A.R. Akhmetov

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

^{1,2}zzz2208@yandex.ru

In this paper, the application of the acoustic method as a method for determining the location of damage to cable lines in an urban environment is considered.

Keywords: the place of damage, cable line, urban areas, insulation

В связи с устареванием электрических сетей из-за превышения срока эксплуатации и роста нагрузок на кабельную линию (КЛ) периодически в городских зонах происходят аварии, связанные с пробоем изоляции кабеля. Именно для отыскания места повреждения используются различные методики определения места потенциального пробоя.

Существует множество различных методик, основанных на пускании электромагнитного импульса, пропуска тока с высокой частотой при

помощи генератора звуковых частот, применение высоковольтных конденсаторов для накопления энергии и выдачи мощного импульса. Эти методы определения мест повреждений кабельных линий делятся на:

- Относительные – импульсный, колебательного разряда, петлевой, ёмкостной;
- Абсолютные – акустический, индукционный, накладной рамки.

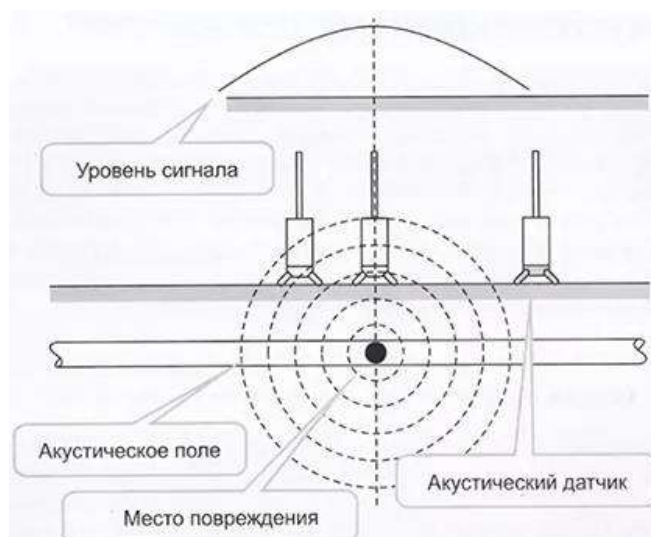
Рассмотрим акустический метод определения места повреждения. Данная методика основана на формировании искровых разрядов, которые сопровождаются мощными звуковыми импульсами при этом уровень сопротивления должен быть не более 5 кОм. Импульс носит характер постоянного тока, так как от переменного тока заряда генерироваться не будет.

Генератор с высоковольтным конденсатором и подключенным к нему трансформатором с выпрямителем создаёт импульс, который подаёт дуговой разряд через всю кабельную линию и образует в месте пробоя изоляции хлопок. [1] Данный звуковой импульс указывает на место пробоя кабеля. Необходимо отметить, что рассматриваемый метод позволяет выявить множество повреждений, таких как (см. таблицу):

№	Виды повреждений	Пробивное напряжение, кВ
1.	Однофазное замыкание (с разным переходным сопротивлением)	0, от 1 до 50 (при заплывающем пробое)
2.	Междуфазное с замыканием двух жил на оболочку	0, от 1 до 50
3.	Растяжка фаз, пробой на оболочку КЛ	Испытательное (из паспорта)
4.	Растяжение одной, двух или трех фаз	До испытательного через растяжку на заземленные жилы КЛ
5.	Замыкание жилы на оболочку КЛ 10 кВ с изоляцией из сшитого полиэтилена.	От 1 до 20
6.	Обрыв одной, двух или трех жил, с замыканием или без замыкания фаз на оболочку или экран КЛ с изоляцией из сшитого полиэтилена.	От 1 до 20

Нужно обратить внимание, что акустический метод не позволяет обнаружить тринги и дефекты изоляции, которые не приводят к пробоям изоляции [2].

Данный метод применим в городской среде, т.к. он позволяет определять место пробоя при помощи акустического микрофона, подключенного к усилителю с визуальной и звуковой индикацией минуя препятствия в виде кабель-каналов, труб и прочих экранов, но при большой глубине наблюдаются проблемы со слышимостью (см. рис.). Также стоит отметить, акустический метод позволяет сократить объем разрушаемой инфраструктуры в селитебных зонах.



Теоретическая схема работы акустического метода для обнаружения места повреждения кабельной линии [1]

Подводя итоги, можно сказать, что данный метод является наиболее универсальным среди всех существующих методик, так как он обладает большим охватом повреждений при достаточно большом переходном сопротивлении.

Источники

1. Самарханова, Р. И. Методы диагностики мест повреждения кабельных линий / Р. И. Самарханова, Д. М. Валиуллина // XVI Всероссийская открытая молодежная научно-практическая конференция «Диспетчеризация и управление в электроэнергетике», Казань, 20–21 октября 2021 года. – Казань: Общество с ограниченной ответственностью "Издательско-полиграфическая компания "Бриг", 2022. – С. 207-208. – EDN ZFEEDH.

2. Induction Method for Parameters Control of Cable Lines laying at the Electricity Distribution Network Polygon / R. R. Askarov, S. S. Filimonov, K. V. Nikolaev, R. N. Mukhametzhanov // Proceedings of the 2022 4th

International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering, REEPE 2022 : 4, Moscow, 17–19 марта 2022 года. – Moscow, 2022. – DOI 10.1109/REEPE53907.2022.9731465. – EDN EENKZQ.

УДК 621.311

АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ВАКУУМНОГО И ЭЛЕГАЗОВОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ 6-10 КВ

¹И.И. Самигуллин, ²В.В. Максимов, ³А.Н. Курбанова

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹Samigilnur200901@mail.ru, ²viktor.maksimov.1968@mail.ru,

³albinka_kurbanova@inbox.ru

В данной работе приведены основные технические характеристики вакуумного и элегазового выключателей напряжением 6-10 кВ. Проанализированы особенности эксплуатации данного вида оборудования, выделены преимущества и недостатки каждого из видов рассмотренных выключателей. Сделан вывод о надежности каждого из выключателей.

Ключевые слова: вакуумный выключатель, элегазовый выключатель, надежность, электросиловое оборудование.

ANALYSIS OF OPERATIONAL RELIABILITY OF VACUUM AND SF6 CIRCUIT BREAKER 6-10 KV

¹I.I. Samigullin, ²V.V. Maksimov, ³A.N. Kurbanova

^{1,2,3}KSPEU, Kazan, Russia

¹Samigilnur200901@mail.ru, ²viktor.maksimov.1968@mail.ru,

³albinka_kurbanova@inbox.ru

This paper presents the main technical characteristics of vacuum and gas-insulated circuit breakers with a voltage of 6-10 kV. The features of operation of this type of equipment are analyzed, the advantages and disadvantages of each of the types of circuit breakers considered are highlighted. The conclusion is made about the reliability of each of the switches.

Keywords: vacuum circuit breaker, SF6 circuit breaker, reliability, electric power equipment.

На сегодняшний день осуществляется производство широкого спектра коммутационных аппаратов. Различие данного оборудования заключается в материале изготовления, эксплуатационной надежности.

Наибольшие изменения в развитии электрооборудования можем увидеть среди коммутационных выключателей. Основным отличием является изменение дугогасящей среды. Главная задача данных коммутационных агрегатов – срабатывание при коротком замыкании.

Показатель надежности электрооборудования можно определить путем подсчета частоты выхода из строя (отказа) данного оборудования. Также данный критерий можно определить суммарным проработанным временем до окончательного выхода из строя [1,2].

Для проведения сравнительного анализа были выбраны выключатели среднего напряжения марок ВВ/TEL-10-1600 вакуумный и LF элегазовый. Номинальные параметры: номинальное напряжение 6-10 кВ, номинальный ток 1600 А [3,4].

Технические характеристики данных выключателей приведены в таблице.

Технические характеристики выключателей (вакуумный и элегазовый)

Технический параметр	ВВ/TEL-10-1600	LF
$U_{\text{ном.}}$, кВ	10	6-10
$U_{\text{наиб.раб.}}$, кВ	12	16
$I_{\text{ном.}}$, А	1600	1600
$I_{\text{ном. отключения.}}$, А	25	25-31,5
Начальное эффективное значение периодической составляющей	64	25
Амплитудное значение, кА	25	64
Предельный ток термической устойчивости (для промежутка времени), кА	30 (t=3 с)	25 (t=4 с)
Собственное время отключения выключателя с приводом, с, не более	0,015	0,048
Время отключения (до погасания дуги) выключателя с приводом, с, не более	0,09	0,07
Собственное время включения выключателя с приводом, с	0,07	0,065
Минимальная бестоковая пауза при автоматическом повторном включении (АПВ), с	-	0,3
Масса выключателя (без выкатного элемента), кг	40	30...605
Механический ресурс выключателя, кол-во циклов	50000	50000

В результате анализа получены следующие данные: число составных частей коммутационной камеры (вакуум. – 22, элегаз. – 52); число подвижных частей (вакуум. – 9, элегаз. – 24); число подвижных частей дугогасящей камеры (вакуум. – 2, элегаз. – 24); число коммутаций в режиме КЗ: (вакуум. – 30-400, элегаз. – 10-50); число коммутаций в нормальном режиме: (вакуум. – до 30000, элегаз. – до 10000); период технического обслуживания (лет): (вакуум. – 10-15, элегаз. – 5-10), периодичность текущего ремонта (месяц): (вакуум. – 1 раз в 2 года, элегаз. – 12), периодичность капитального ремонта (лет): (вакуум. – 10, элегаз. – 4-8).

В результате анализа сделаны следующие выводы:

- механическая, эксплуатационная долговечность выше у вакуумных выключателей;
- ремонт, проводимый каждый год согласно графику ППР, для вакуумных выключателей не требует выполнять ремонт полюсов, что сокращает ремонт данных коммутационных агрегатов и делает его менее трудозатратным в сравнении с ремонтом элегазовых выключателей.

Таким образом, вакуумные выключатели имеют заметное преимущество в сравнении с элегазовыми, что говорит о большей перспективе их дальнейшего развития.

Источники

1. Испытания изоляции электрических аппаратов / Р. И. Нигматзянов, Д. Р. Абдрашитов, О. Е. Куракина, О. В. Воркунов // Заметки ученого. – 2022. – № 6. – С. 204-206. – EDN RYZHR
2. Козлов, В. К. Определение влагосодержания и ароматических соединений в трансформаторном масле спектральным методом / В. К. Козлов, О. Е. Куракина // Проблемы региональной энергетики. – 2022. – № 2(54). – С. 1-12. – DOI 10.52254/1857-0070.2022.2-54.01. – EDNKKVBU
3. Техническое описание элегазовых выключателей серии LF 6, 10 кВ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.elec.ru/viewer?url=files/127/000001343/attfile/01.pdf> (дата обращения: 06.03.23).
4. Вакуумные выключатели серии ВВ/TEL [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://tavrida-ua.com/products/vacuumswitch.html> (дата обращения: 06.03.23).

ПРИМЕНЕНИЕ ВОЛЬТОДОБАВОЧНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ В НИЗКОВОЛЬТНЫХ СЕТЯХ

¹Р.Е. Саттаров, ²О.В. Воркунов

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹dotov291299@gmail.com, ²vorcunov_oleg@mail.ru

В данной работе рассматривается применение вольтодобавочных трансформаторов в низковольтных сетях. Определены функции, типы конструкции и способы установки вольтодобавочных трансформаторов (ВДТ).

Ключевые слова: вольтодобавочный трансформатор, низковольтные сети, стабилизация напряжения, конструктивные особенности.

APPLICATION OF VOLTAGE-BOOSTING TRANSFORMERS IN LOW-VOLTAGE NETWORKS

¹R.E. Sattarov, ²O.V. Vorkunov

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

¹dotov291299@gmail.com, ²vorcunov_oleg@mail.ru

In this paper, the use of voltage-boosting transformers in low-voltage networks is considered. The functions, types of construction and methods of installation of voltage-boosting transformers (VDT) are determined.

Keywords: voltage-boosting transformer, low-voltage networks, voltage stabilization, design features.

На данный момент поставщики электроэнергии стремятся к максимальной эффективности и бесперебойности передачи энергии потребителю. Именно по этим причинам необходимо следить за качеством электроэнергии. 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 $\pm 5\%$.

Для наибольшей надёжности электропередачи рекомендуется ставить вольтодобавочные трансформаторы в сети 0,4 кВ (Рис.1). В основе данного устройства лежит принцип автоматического регулирования

напряжения при помощи электронного блока, который анализирует уровень выходящего напряжения [1]. Можно выделить несколько достоинств применения ВДТ в сетях: данный трансформатор – устройство многократного использования, при реконструкции сетей можно установить на другой участок с подобными причинами установки; высокая оперативность реагирования на претензии потребителя – монтаж ВДТ занимает не более 4 часов; вольтодобавочный трансформатор позволяет производить регулировку напряжения без большого количества вложений и строительства подстанций; не требует трудоёмкого обслуживания, регулировка напряжения осуществляется без привлечения персонала [2].

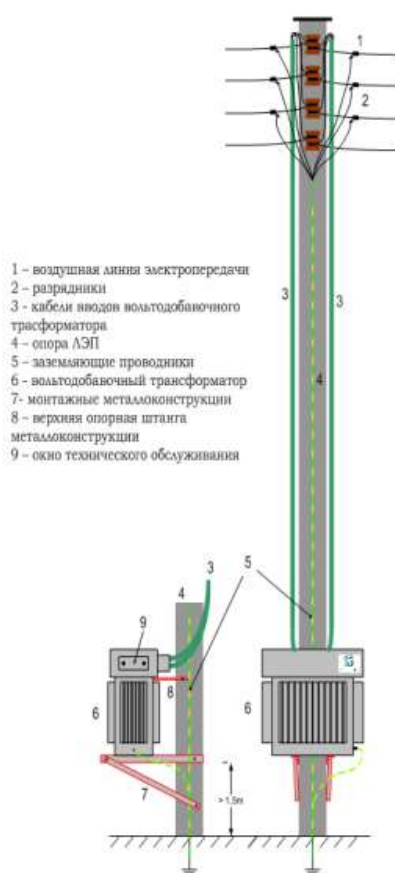


Рис.1. Монтажная схема вольтодобавочного трансформатора на ВЛ 0,4 кВ

На основе исследований ВЛ-0,4 №1 от ТП 2838 ф.1 ПС 110/10 «Пронск» Рязанской области авторами выявлена польза внедрения вольтодобавочного трансформатора и проанализированы результаты замеров уровня установившегося отклонения напряжения в процентах до и после установки ВДТ у самого отдалённого потребителя (Рис.2 а,б).

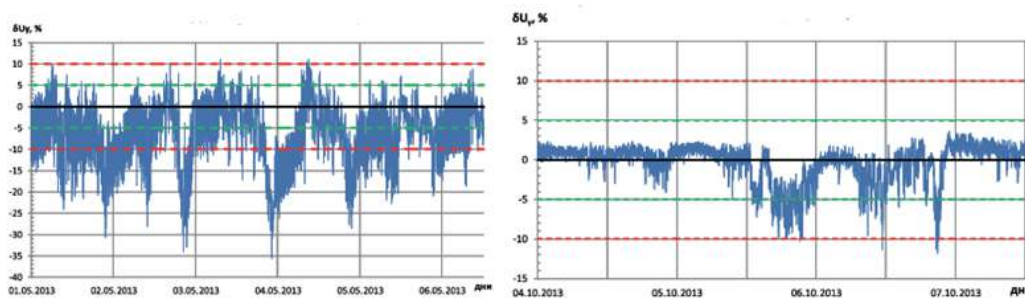


Рис.2. Изменение установившегося отклонения напряжения: а) до установки ВДТ; б) после установки ВДТ

Анализируя полученные графики, можно заметить, что применение ВДТ в электрической сети способствует уменьшению отклонений напряжения. До установки ВДТ амплитуда достигала 45%, а после установки 10% в худшем случае, при включении мощной нагрузки.

Чаще всего вольтодобавочные трансформаторы оснащают масляным охлаждением в герметичном исполнении. ВДТ устанавливается в разрывы линий электропередач, с наружной установкой и длительным режимом работы в умеренном климате. Также нельзя ставить ВДТ выше 1000 метров над уровнем моря, запрещено эксплуатировать во взрывоопасных окружающих и химически опасных средах.

Подводя итоги, можно сказать, что применение вольтодобавочных трансформаторов не решает полностью возникающие проблемы в низковольтных сетях. Но при этом позволяет повысить стабильность напряжения в линии электропередач.

Источники

1. Воркунов, О. В. Диагностика технического состояния силовых трансформаторов напряжением 110 КВ / О. В. Воркунов, Р. Р. Загрутдинов // Электрические сети: надежность, безопасность, энергосбережение и экономические аспекты : Материалы международной научно-практической конференции, Казань, 07 апреля 2021 года / Редколлегия: В.В. Максимов (отв. редактор) [и др.]. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. – С. 83-85. – EDN OSCXZT.
2. Васильева, Т. Опыт применения вольтодобавочных трансформаторов в низковольтных электрических сетях / Т. Васильева, Ю. Костин // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2015. – № 5(32). – С. 54-58. – EDN VOSCOZ.

ПРОБЛЕМА ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

А.А. Суворов¹, Е.Н. Долматов², Р.Н. Мухаметжанов³, Р.Р. Салихов⁴

^{1,2,3,4}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

^{1,2,3,4}artyom.suvorov01@mail.ru

Данная работа базируется на анализе отечественных научных публикаций и представляет собой обзорную статью, посвященную проблеме повышения качества прогнозирования потребления электроэнергии в Республике Татарстан, которая в настоящее время является актуальной по причине проникновения рыночных отношений во все сферы электроэнергетики РФ и активному росту показателей электропотребления в обозначенном регионе.

Ключевые слова: электроэнергетика, электропотребление, нагрузка, прогнозирование, планирование, потребители.

THE PROBLEM OF IMPROVING THE QUALITY OF ELECTRICITY CONSUMPTION FORECASTING IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN

A.A.Suvorov¹, E.N.Dolmatov², R.N. Mukhametzhonov³, R.R. Salikhov⁴

^{1,2,3,4}KSPEU, Kazan, Russia

^{1,2,3,4}artyom.suvorov01@mail.ru

This work is based on the analysis of domestic scientific publications and is a review article devoted to the problem of improving the quality of electricity consumption forecasting in the Republic of Tatarstan, which is currently important because of the penetration of market relations in all spheres of the RF power industry and the active growth of power consumption indicators in the region.

Keywords: power industry, power consumption, load, forecasting, planning, consumers.

Энергетический сектор РТ является базовой отраслью для всей экономики региона. От этого сектора напрямую зависит конкурентоспособность и рентабельность производственно-промышленных предприятий субъекта РФ, а, соответственно, и общий уровень социально-экономического развития Республики, качество жизни

населения. В процессе своего функционирования хозяйствующие субъекты электроэнергетического сектора в Татарстане, как и в целом в России, находятся под влиянием двух сред: технологической и рыночной (см. рисунок 1), которые важно учитывать при прогнозировании электропотребления в регионе [1].

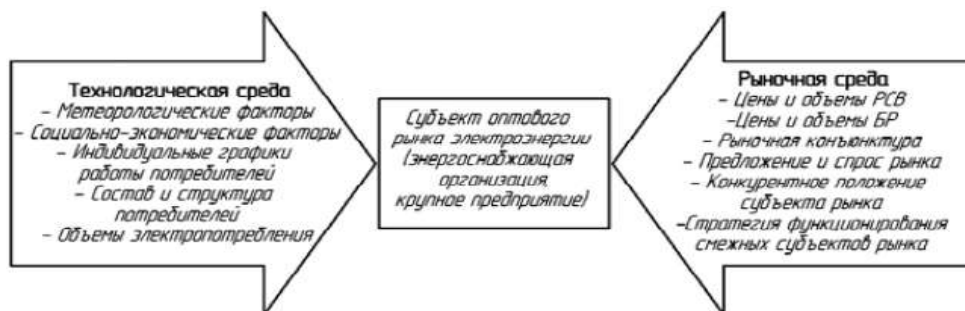


Рис. 1. Воздействие технологической и рыночной среды на предприятия электроэнергетического сектора [1]

По своей сути прогнозирование потребления электрической энергии вне зависимости от территориального расположения ЭЭС реализуется с помощью применения различных инструментов и средств, базирующихся на анализе ретроспективной динамики нагрузок и влияющих на нее факторов, и основывается на выявлении статистической связи, позволяющей с использованием аппаратно-программного обеспечения строить необходимые прогнозные модели.

Современное решение задач по повышению качества прогнозирования потребления электрической энергии основывается на оперативной и эффективной обработке большого множества информации, которая в отечественных ЭЭС поступает со специальных автоматизированных информационно-измерительных систем коммерческого учета электроэнергии (далее: АСКУЭ) с наличием соответствующей функции, структура которых представлена на рисунке 2 [2]. Такая ситуация наблюдается в России с момента вступления ее энергетики на путь цифровизации и интеллектуализации, т.е. всего около трех десятилетий, а в Республике Татарстан – вовсе не более одного десятилетия.

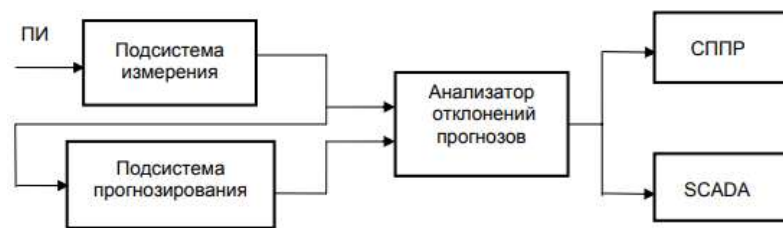


Рис. 2. Структура АСКУЭ с функцией прогнозирования потребления ЭЭ [2]

В настоящее время в Региональном диспетчерском управлении энергосистемы РТ для прогнозирования потребления электрической энергии применяются программно-аппаратные комплексы типа «ИСП» (иерархические системы прогнозирования). Для задач оперативного краткосрочного прогнозирования в диспетчерских центрах установлена программа «Консоль прогноза потребления», которая рассчитывает прогноз на четыре часа вперед. При прогнозировании электропотребления с помощью «ИСП» в ЭЭС региона учитывается влияние как метеофакторов, так и заявок крупных потребителей электрической энергии. В РДУ Татарстана, как и в других управлениях нашей страны реализован специальный энергетический календарь, в котором прописаны все официальные праздники и особые даты, наступление которых тем или иным образом может повлиять на нагрузку. Метеорологические данные вносятся в ПК «АС Метео» [3].

По мнению исследователей, интегральные прогнозы, как показывает опыт их использования в иных регионах РФ, открывают пути повышения точности предположений о будущем состоянии объекта ЭЭС или процесса, реализуемого в нем, за счет такой специальной функции, как коррекция ошибок [4]. Этими же авторами при прогнозировании потребления электрической энергии в РТ предлагается учитывать долю потребления энергии турбогенераторами, которая относится к данным о собственных нуждах станции. Исследователи проблемы повышения качества электропотребления в Республике предлагают рассматривать ее каждый энергорайон обособленно, поскольку последние отличаются друг от друга по характеру нагрузки и метеорологическим условиям. Данная концепция внедрения методики интегральных прогнозов на данный момент находится на этапе теоретических исследований и не реализована на практике [5].

Что касается методик повышения качества прогнозирования электропотребления, которые к моменту написания настоящей работы были проверены в диспетчерском центре РТ на практике, то здесь следует

отметить исследования математической модели бытового потребления электроэнергии в зависимости от внешних факторов. Учеными региона были найдены соответствующие коэффициенты зависимости от погодных изменений. Для выделения величин нагрузки от бытовых потребителей использовались данные статистики по общему потреблению, потреблению крупных промышленных предприятий, электростанций (в том числе на собственные нужды) в пределах: КТЭЦ-1, КТЭЦ-2, КТЭЦ-3. В качестве критических параметров были взяты: температура окружающей среды; облачность; величина осадков в Казани. Учеными также использовался архив параметров «ИСП». Исследователями были получены математические коэффициенты, которые после их усреднения обеспечили возможность построения линейной кривой зависимости прогнозного потребления от факторов, влияющих на него. Обозначенная модель сегодня используется в РДУ Татарстана [6].

Таким образом, проблема повышения качества прогнозирования потребления электроэнергии в Республике Татарстан является актуальной и в настоящее время исследуется учеными и энергетиками региона как в теоретическом, так и в практическом приложении.

Источники

1. Соловьева И.А., Дзюба А.П. Прогнозирование электропотребления с учетом факторов технологической и рыночной среды // Научный диалог. – 2013. – № 7. – С. 97-113.

2. Староверов Б.А., Гнатюк Б.А. Повышение эффективности системы автоматизированного коммерческого учета электроэнергии за счет введения функций прогнозирования // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2013. – № 6. – С. 26-29.

3. Полижаров А.С., Макоклюев Б.И. Методика расчёта прогнозов сбалансированной структуры электропотребления ЕЭС России // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. – 2015. – № 2. – С. 440-445.

4. Гиззатуллина К.И., Марданова А.М., Будникова И.К. Кластерный анализ в экономическом прогнозировании рынка электроэнергии // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике. – 2017. – № 2. – С. 361-366.

5. Нигматуллин А.М., Низамутдинов И.Т. Исследование методики интегральных прогнозов потребления электроэнергии на примере Республики Татарстан // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике. – 2017. – № 2. – С. 36-40.

6.В Татарстане за первое полугодие 2022 года энергопотребление выросло на 4,7% [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tatar-inform.ru/news/v-tatarstane-za-pervoe-polugodie-2022-goda-energopotreblenie-vyroslo-na-47-5881205?ysclid=lbwrgv1wcr816708170> (дата обращения: 10.12.22).

УДК 621.315.615.23

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА

С.П. Суханова¹, Д.М. Валиуллина², В.К. Козлов³

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

¹sveta.sukhanova.99@mail.ru, ²valiullinadiliya@mail.ru, ³kozlov_vk@bk.ru

В данной работе приведен способ обработки результатов измерений характеристик трансформаторного масла, определяемых по колориметрической системе.

Ключевые слова: трансформаторное масло, колориметрическая система, фотографирование

PROCESSING OF MEASUREMENT RESULTS OF TRANSFORMER OIL CHARACTERISTICS

S.P. Sukhanova¹, D.M. Valiullina², V.K. Kozlov³

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

¹sveta.sukhanova.99@mail.ru, ²valiullinadiliya@mail.ru, ³kozlov_vk@bk.ru

This paper presents a method for processing the measurement results of transformer oil characteristics determined by the colorimetric system.

Keywords: transformer oil, colorimetric system, photographing

Колориметрическая система – совокупность нормированных условий измерений цвета. В результате цветовых измерений определяются 3 числа по цветовой системе RGB, которые называются цветовыми координатами, полностью определяющими цвет при некоторых строго стандартизованных условиях его рассмотрения [1].

Для этого исследования была собрана установка, позволяющая определить цветовые характеристики масла[2].

Далее происходит правильное и грамотное фотографирование 15 образцов трансформаторных масел, с различным значением кислотного числа, узконаправленным зеленым, красным, фиолетовым и белым цветом. Фотофиксацию проб масел осуществляли четверо независимых участников эксперимента на свои собственные телефонные камеры разных марок и качества.

Определение цвета осуществляется визуально, это приводит к погрешности, обусловленной субъективностью восприятия цвета разными людьми. Поэтому проводим обработку результатов измерений в два этапа [3].

Первый этап. На первом этапе каждый из участников исследования сам по своим фотографиям определял цветовые характеристики образцов масел. Масштаб точек, их расположение, программу определения RGB характеристик участник выбирал произвольно. Далее все участники обменялись своими результатами для нахождения средних значений, вычисления дисперсии и погрешности. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1

Освещение зеленым светом												
№ пробы	В начале				В середине				На экране			
	Дисперсия			цвет	Дисперсия			цвет	Дисперсия			цвет
	R	G	B	RGB	R	G	B	RGB	R	G	B	RGB
1	9,84	17,52	44,55		7,76	11,93	31,31		12,73	19,74	26,25	
2	9,22	37,49	65,59		40,90	72,11	22,78		29,49	22,20	15,51	
3	10,81	18,82	60,73		18,57	46,96	29,33		35,48	21,79	27,10	
4	53,02	42,52	23,60		56,51	58,27	17,33		21,41	13,14	24,04	
5	62,56	53,29	21,49		58,61	51,81	14,25		30,27	26,57	32,21	
6	78,85	38,84	47,89		59,31	54,17	36,14		47,18	23,00	42,36	
7	44,89	32,36	71,19		39,25	27,11	38,09		20,54	17,02	35,75	
8	33,97	23,87	64,65		58,23	45,85	36,84		38,10	22,98	45,21	
9	24,25	11,69	90,92		23,14	30,03	50,81		32,83	16,89	49,79	
10	8,06	14,71	52,59		38,61	42,07	34,78		11,05	22,08	60,48	
11	44,77	26,19	85,03		47,51	35,22	100,38		21,33	14,64	50,96	
12	59,43	26,66	85,46		45,42	34,29	46,54		34,12	13,65	43,80	
13	33,43	26,19	43,55		50,74	49,81	24,03		33,89	16,92	37,40	
14	29,13	55,37	26,49		40,07	66,58	10,55		57,84	18,93	58,02	
15	80,35	30,49	38,22		30,47	33,54	18,06		33,59	17,69	66,88	

Второй этап. На втором этапе каждый участник исследования обменялся с другими своими фотографиями образцов масел, т.е. у каждого было 4 варианта фотографий 15 образцов масел. Далее каждый сам определял координаты цветности во всех четырех случаях, посчитал дисперсию и получил следующие результаты. В этом случае, определение RGB характеристик осуществлялось в программе Gradients.App, площадь точек и их расположение устанавливалось программой одинаково у всех 4-х вариантов. Результаты расчетов приведены в таблице 2.

Проанализировав полученные результаты по двум вариантам расчета, можно сказать, что в целом во втором варианте дисперсия меньше по сравнению с первым вариантом. Из этого следует, что во втором варианте точность полученных результатов выше.

Таблица 2

№ пробы	Освещение зеленым светом											
	В начале				В середине				На экране			
	Дисперсия			цвет	Дисперсия			цвет	Дисперсия			цвет
	R	G	B	RGB	R	G	B	RGB	R	G	B	RGB
1	46,23	65,17	28,99		14,97	16,71	41,81		32,69	19,87	41,92	
2	24,09	57,60	51,05		50,57	74,49	21,06		36,71	18,83	39,61	
3	11,87	20,94	47,66		33,03	7,68	36,30		20,32	20,52	39,35	
4	34,48	26,17	13,92		33,89	24,78	15,15		20,71	18,79	15,22	
5	70,49	52,93	14,24		66,91	57,90	11,93		21,17	24,34	28,19	
6	66,12	57,81	9,64		62,22	64,55	10,34		20,82	22,08	12,31	
7	57,88	45,06	22,68		55,51	46,93	41,44		26,37	17,92	38,60	
8	45,01	36,36	51,75		45,71	39,35	35,96		22,31	44,63	16,54	
9	20,89	21,71	48,43		12,97	21,24	46,61		30,26	24,12	32,18	
10	20,56	26,31	30,51		32,98	33,57	37,15		26,14	21,55	20,90	
11	41,82	46,17	66,71		47,40	44,92	52,23		23,29	15,45	37,97	
12	26,96	34,29	31,36		25,86	26,00	23,01		17,34	11,36	32,85	
13	7,07	2,89	30,74		32,53	30,40	39,20		17,82	24,06	37,62	
14	12,50	26,04	25,72		21,70	28,44	13,50		22,35	31,80	13,88	
15	27,22	45,77	19,89		15,38	32,72	25,37		19,51	26,35	36,98	

Проанализировав все исследования образцов масел колориметрическим методом, приходим к следующим выводам:

- фотографировать необходимо с одинакового расстояния, чтобы сохранить масштаб;
- необходимо производить фотографирование исследуемых образцов масел, максимально сохранив и передав их реальный цвет;
- настраивать фотоаппарат необходим таким образом, чтобы при фиксации результатов на них не было вспышек, засвечивания и прочих искажающих цвет явлений;
- обработка результатов измерений должна производиться в одной программе с сохранением масштаба для получения корректных значений.

Источники

1. Ризванова Г.И., Гафиятуллин Л.Г. и др. Особенности старения трансформаторного масла в реальных условиях эксплуатации. Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2015;(9-10):91-94. <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2015-0-9-10-91-94>(дата обращения: 14.02.2023).
2. Валиуллина Д.М., Козлов В.К., Ильясова Ю.К. и др. «Определение характеристик трансформаторного масла спектральным методом»/ Вестник казанского государственного энергетического университета. 2021; <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46425035> дата обращения: 14.02.2023).
3. Козлов В.К., Гарифуллин М.Ш. Спектральный экспресс-анализ изоляционных масел. Казань: Казан.гос. энерг. ун-т, 2003. 110 с.

УДК 621.316.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА ПРИ ЗАМЫКАНИИ В ОДНОПРОВОДНОЙ ЛИНИИ

И.Р.Тухфатуллин

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Р.Г. Хузяшев
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
iskander.tukhfatullin@mail.ru

Расчёт параметров сигнала переходного процесса с целью определения механизмов его образования.

Ключевые слова: PSCAD, сигнал переходного процесса, RLC-параметры, период свободных колебаний, постоянная времени.

THE STUDY OF TRANSIENT PARAMETERS DURING A SINGLE-LINE FAULT

I.R. Tukhfatullin

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

iskander.tukhfatullin@mail.ru

Calculation of transient signal parameters to determine the mechanisms of its formation.

Keywords: PSCAD, transient signal, RLC-parameters, period of free oscillations, time constant.

Опыт эксплуатации электрических сетей показал, что наибольшая доля денежных потерь приходится на аварии в распределительных сетях, обладающих наибольшей протяженностью и разветвлённостью. Поэтому исследование механизмов формирования сигналов переходного процесса представляет научно-практический интерес.

Нас привлекло следующее: В. А. Шуин в статье [1] выдвинул гипотезу, что по периодам свободных колебаний можно определить расстояние до места однофазного замыкания на землю (ОЗЗ) в трехфазной сети. Мы решили проверить эту гипотезу, смоделировав линию с распределенными параметрами в пакете PSCAD.

Задача данной статьи – это посмотреть на форму сигнала переходного процесса и каким образом он формируется.

Для рассмотрения модели ОЗЗ была составлена простейшая однофазная схема с распределенными параметрами длиной 5 км, которая в дальнейшем будет дополняться. Напряжение источника питания – 10 кВ. Время коммутации – 0,045 с. Внутренняя индуктивность равна нулю, активное сопротивление крайне мало.

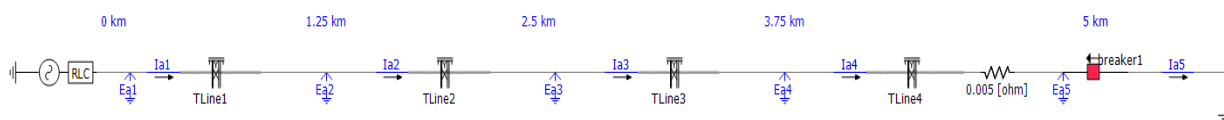


Рис. 1. Простейшая модель ОЗЗ для однофазной линии

Были получены осциллограммы тока и напряжения, измеренные в разных местах (Ii) при замыкании на землю в конце линии.

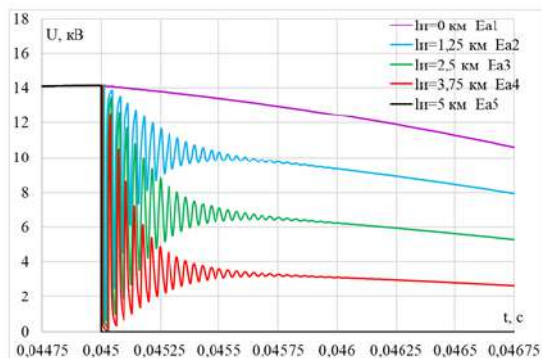


Рис. 2. Осциллограмма напряжения

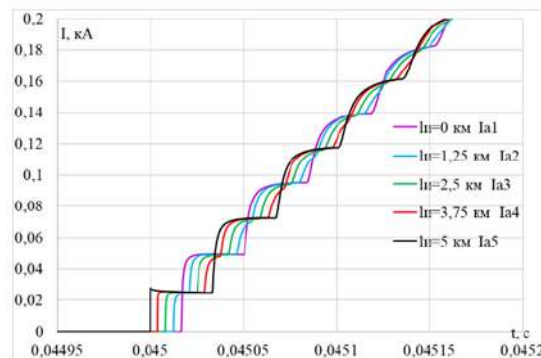


Рис. 3. Осциллограмма тока

Сгенерированный в месте замыкания скачок напряжения распространяется до начала линии и отражается с коэффициентом -1 [2]. Отраженный от начала скачок напряжения распространяется до конца линии, где также отражается с коэффициентом -1 . Двойное изменение полярности бегущей волны скачка напряжения и интерференция последовательности падающих и отраженных волн вызывает формирование последовательности импульсов, скважность которых изменяется от 1 до бесконечности в разных точках линии.

Влияние механизма дисперсии при распространении скачка напряжения преобразует последовательность импульсов в квазисинусоидальный сигнал. Период сформированных колебаний определяется двукратным пробегом длины линии и составляет 34 мкс.

Погонные параметры исследуемой линии составляют $L_0 = 2,54$ мГн/км, $C_0 = 7,7$ нФ/км, $R_0 = 6,4$ Ом/км. При длине линии 5 км ее интегральные индуктивность и емкость равны $L = 12,7$ мГн, $C = 38,5$ нф. Подстановка этих величин в формулу Томпсона позволяет определить некий период колебаний равный 133,23 мкс, что примерно в 4 раза превышает смоделированную величину.

При минимальной длине линии в 0,1 км прямоугольный импульс будет меньше искажаться. Появляется возможность рассмотреть последовательность импульсов периодом в 0,8 мкс. Получены следующие осциллограммы.

Анализ колебаний показал следующее:

- волновое сопротивление линии определяется как корень отношения погонных индуктивности и ёмкости линии и примерно равно 588 Ом. Амплитуда колебаний тока равна фазному напряжению в момент коммутации деленному на волновое сопротивление линии, поскольку

бросок тока при замыкании равен 25 А. Это соответствует волновому сопротивлению однопроводной линии: $14\text{кВ}/25\text{А}=560\text{ Ом}$);

- постоянная времени затухающих колебаний каждым периодом изменяет своё значение, что обусловлено влиянием механизма дисперсии, искажающим форму колебаний. На рис. 4 представлена зависимость величины постоянной времени от длины линии и номера периода. Расчетное значение для данной величины через формулу отношения индуктивности к удвоенному сопротивлению линии 1987 мкс примерно в 10 раз превышает смоделированную величину, что обусловлено неучетом влияния сопротивления земляной линии.

- Вычислены величины периода и постоянной времени свободных колебаний, полученные в ходе моделирования линии с распределенными параметрами в пакете PSCAD. Показан механизм формирования свободных колебаний. Полученные параметры колебаний позволяют сравнить их моделью с сосредоточенными элементами.

Источники

1. Информационные параметры электрических величин переходного процесса для определения места замыкания на землю в распределительных кабельных сетях напряжением 6–10 кВ / В.А. Шуин, Г. А. Филатова, Е. А. Воробьева, Д.И. Ганджаев // Вестник ИГЭУ. – 2017. – №. 2. – С. 34–42.

2. Зевеке, Г.В. Основы теории цепей. / Г.В. Зевеке, П.А. Ионкин, А.В. Нетушил и др. – М.: Энергия, 1989. – 530 с.

УДК 621-311

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ВОССТАНАВЛЕНИЯ СЕТИ 6/10 КВ

А.И. Фарраев

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор М.Ш. Гарифуллин

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

farraev99@mail.ru

В статье рассматривается способ повышения надежности электроснабжения потребителей путем внедрения системы автоматизированного восстановления распределительных сетей (САВС), основные цели, задачи САВС и сравнение с зарубежным аналогом.

Ключевые слова: САВС, распределительные сети 6/10 кВ, умные сети, система автоматического восстановления сети, восстановление электроснабжения.

THE SYSTEM AUTOMATICALLY RESTORES THE NETWORK 6/10 KV

A.I. Farraev
KSPEU, Kazan, Russia
farraev99@mail.ru

The article discusses a way to improve the reliability of power supply to consumers by introducing a system of automated restoration of distribution networks, the main goals, objectives and comparison with a foreign analogue.

Keywords: distribution networks; restoration of power supply, smart grid, automated network restoration system.

Распределительные сети играют важную роль в энергетической системе России, обеспечивая передачу электроэнергии к потребителям и эффективное функционирование рынка электроэнергии. Однако, на сегодняшний день, качество и надежность электроснабжения в распределительных сетях остаются актуальными проблемами [1]. Для решения проблемы надежности распределительных сетей 6/10кВ, предлагается использовать Систему Автоматического Восстановления Сети (САВС).

САВС представляет собой программно-аппаратный комплекс для автоматизации управления распределительными сетями 6-10 кВ, способная автоматически определить поврежденный участок, локализовать его, и автоматически восстановить электроснабжение потребителей.

При аварийных случаях работы по восстановлению электроснабжения составляет в среднем 1-2 часа, при помощи САВС это время сокращается до двух минут. За это время контроллеры системы обнаруживают поврежденный участок, секционируют его, подается команда на повторное включение выключателя центра питания и команда на включение выключателя второго центра питания для подачи напряжения по той же линии, с другой стороны. Таким образом, уменьшается время отключения, а также исключаются или значительно уменьшается количество потребителей, оставшихся без питания. В контроллерах системы заложены алгоритмы действий на все возможные аварийные ситуации. Алгоритм представляет собой математическую

модель, преследующий цели нахождения среднего решения с точки зрения минимизации операций коммутаций, потерь э/э, количество отключенных потребителей.

Основные цели САВС:

- Автоматизация - автоматическое определение поврежденного участка сети 6-10 кВ;
- Надежность - сокращение времени восстановления электроснабжения после аварийного отключения, предотвращение ошибочных действий персонала;
- Эффективность - снижение технических потерь за счет перераспределения нагрузок, уменьшение недоотпуска электроэнергии, контроль пропускной способности линий;

К задачам САВС можно отнести

- автоматическая локализация аварийного участка;
- контроля состояния сети электроснабжения;
- Автоматическое восстановление питания неповрежденных участков сети;
- возможность работы в режиме советчика диспетчера;
- выявления возникновения однофазных замыканий на землю.

Аналогом САВС в зарубежном рынке является «Distribution Management System» (DMS) (Система управления распределением). Эти системы реализуют такие компании, как Schneider-Electric [2] и ETAP (Electrical Power System Analysis) [3]. Эти системы имеют схожие функции и возможности, как у САВС:

- обеспечение графического отображение локализации повреждённого участка в электрической модели;
- предсказательная симуляция повреждений сети на основе статистики;
- изоляция повреждённых участков сети и восстановление электропитания всей сети после изоляции;

САВС является эффективным способом повышения надежности и устойчивости распределительных сетей, который требует минимальные капитальные вложения в сравнении с реконструкцией сетей благодаря своему алгоритму работы.

Источники

1. Технические и технологические проблемы распределительных электрических сетей. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2014/C82/067.pdf>. (дата посещения 01.03.2023).

2. Distribution Management System (DMS). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.se.com/ww/en/work/solutions/for-business/electric-utilities/distributionmanagement-system-dms/> (дата посещения 26.02.2023).

3. Distribution Management System (DMS). – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://etap.com/packages/distribution-management-system> (дата посещения 26.02.2023).

УДК 004.942

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ТРЁХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГЕТИКИ

С.С. Филимонов¹, К.В. Николаев²

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Р.Р. Аскаров

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

^{1,2}serfv43@gmail.com

В статье рассмотрена перспектива применения систем автоматизированного проектирования в области технического образования высших учебных заведений. На основе конструкторской документации воссоздана 3D-модель ограничителя перенапряжений серии ОПН-35 УХЛ1 на 35кВ для облегчения восприятия преподаваемого материала.

Ключевые слова: система автоматизированного проектирования, электроэнергетика, конструкторская документация, образование, моделирование

THE USE OF DYNAMIC THREE-DIMENSIONAL MODELS IN EDUCATIONAL ACTIVITIES IN THE FIELD OF ENERGY

S.S. Filimonov¹, K.V. Nikolaev²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

^{1,2}serfv43@gmail.com

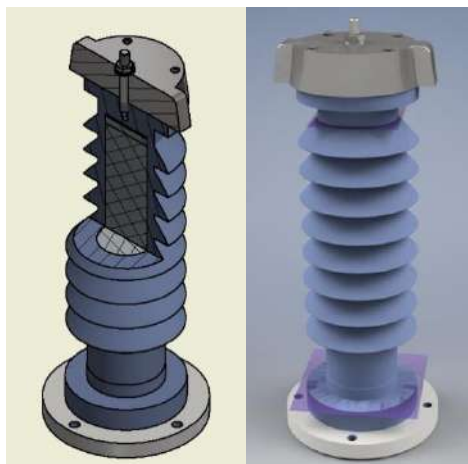
The article considers the prospect of using computer-aided design systems in the field of technical education of higher educational institutions. Based on the design documentation,

a 3D model of the surge limiter of the OPN-35 UHL1 series at 35 kV has been recreated to facilitate the perception of the taught material.

Keywords: computer-aided design system, electric power engineering, design documentation, education, modeling.

На данный момент в Российской Федерации стремительно развивается сфера энергетики как технически, так и технологически. Чтобы успевать готовить качественный кадровый состав, университеты должны использовать современные образовательные методы и технологии, так, например, образовательная политика КГЭУ ориентирована на: формирование эффективной и конкурентоспособной образовательной среды университета; создание современной научно-инновационной экосистемы университета [1]. В данной работе предложено улучшить учебные материалы, а именно, использовать электронные трёхмерные модели для наиболее ясного представления высоковольтных электроэнергетических устройств студентам. Натурное объяснение устройства электроэнергетического оборудования не всегда может быть доступно в силу его высокой стоимости, крупных габаритов и прочих причин, а конструкторская документация сложна для восприятия, использование электронных моделей позволяет преодолеть вышеперечисленные трудности объяснения учебного материала.

На примере создания электронной модели ограничителя перенапряжения (ОПН), который используется для защиты оборудования систем электроснабжения от коммутационных и грозовых перенапряжений, а также имеет непростое строение, удастся более эффективно и наглядно объяснить студентам его устройство, принцип работы и предназначение [2-3]. Модель ОПН создана по чертежам АО «Завод энергозащитных устройств» с помощью САПР «Autodesk Inventor» (см. рисунок). ОПН состоит из: верхней крышки, которая является крепёжным элементом; варистора – металлооксидного стержня на основе оксида цинка (ZnO); корпуса, отлитого из полимера на основе резины и фланца нижнего. Преимущественно ОПН применяются в полимерном исполнении, т.к. они: проще в монтаже; взрывобезопасны; стойки к климатическим факторам, приспособлены к климату Российской Федерации; имеют высокие электрические и разрядные характеристики; приспособлены к актам вандализма [4].



Трёхмерная модель ограничителя перенапряжения серии ОПН-35 УХЛ1 на 35кВ

В нормальном рабочем режиме ток через ограничитель имеет емкостный характер и составляет десятые доли миллиампера. Но при возникновении перенапряжений резисторы ОПН переходят в проводящее состояние и ограничивают дальнейшее нарастание перенапряжения до уровня, безопасного для изоляции защищаемой электроустановки. Когда перенапряжение снижается, ограничитель вновь возвращается в непроводящее состояние.

Дальнейшим направлением развития идеи о наглядности является моделирование физических процессов в САПР Ansys. С использованием данной САПР можно наиболее наглядно представить студенту суть физических процессов, происходящих в ОПН при перенапряжениях.

Источники

1. Политика в области качества ФГБОУ ВО «КГЭУ» от 06.09.2017.
2. Филимонов С.С. Перспективы использования систем автоматизированного проектирования в образовательной среде / С.С. Филимонов, Д.В. Хамитова // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – № 84-1. – С. 112-114. – DOI 10.18411/trnio-04-2022-27. – EDN ZQBQQB.
3. Филимонов С.С. Использование 3D-печати в образовательной деятельности с целью улучшения восприятия учебного материала / С.С. Филимонов, Д.В. Хамитова // КОГРАФ-2021: Сборник материалов 31-й Всероссийской научно-практической конференции по графическим информационным технологиям и системам, Нижний Новгород, 19–22 апреля 2021 года. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный

технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2021. – С. 108-111. – DOI 10.46960/43791586_2021_108. – EDN GNSANW.

4. Кабанов С.О. О преимуществах силиконовой изоляции. 2002 г. С.2.

УДК 621.398

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПРОВОДОВ ФАЗЫ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ НА ПОТЕРИ МОЩНОСТИ ПРИ КОРОНИРОВАНИИ ПРОВОДОВ.

К.Ю. Харитонов

Науч. рук. старший преподаватель Р.У. Галеева

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

kirillhar13378@mail.ru,

Снижение потерь мощности на корону является актуальной научно-технической задачей при проектировании новых воздушных линий и ввода их в эксплуатацию. В работе приведена оценка применения расщепленных проводов на потери мощности при коронировании проводов воздушных линий различных классов напряжений.

Ключевые слова: потери мощности, коронирование проводов, напряженность электрического поля, расщепленные провода, количество проводов в фазе, коэффициент неравномерности распределения заряда.

THE INFLUENCE OF THE CONSTRUCTION OF OVERHEAD LINE PHASE WIRES ON POWER LOSSES DURING CORONA WIRES.

K.Y. Kharitonov

KSPEU, Kazan, Russia

kirillhar13378@mail.ru,

Reducing the power loss to the crown is an urgent scientific and technical task when designing new overhead lines and putting them into operation. The paper presents an assessment of the use of split wires for power losses when corona wires of overhead lines of various voltage classes.

Keywords: power losses, corona wires, electric field strength, split wires, number of wires in phase, the coefficient of uneven charge distribution.

Уменьшение диаметра провода менее оптимального значения $D_{\text{опт}}$ приводит к резкому возрастанию напряженности поля провода $E_{\text{ср}}$, росту источников стримерных (местных, локальных) разрядов, увеличению потерь мощности на корону (ПК) и генерации реактивной мощности в сеть. Для ограничения потерь на корону по допустимой напряженности, которая находится между напряженностями начала местной и общей короны используют расщепленные провода. Динамика изменения потенциала энергосбережения при увеличении количества проводов в фазе в этом случае будет разной в зависимости от класса напряжения воздушной линии (ВЛ). Для оценочных расчетов можно принять эквивалентную напряженность электрического поля на поверхности проводов расщепленной фазы [1]:

$$E_{\text{э}} = E_{\text{ср}} \cdot K_{\text{н}}, \text{ кВ/см},$$

где $E_{\text{ср}}$ определим по формуле [2]:

$$E_{\text{ср}} = \frac{U_{\text{ф}}}{nR_{\text{пр}} \ln S / R_{\text{пр}}}, \text{ кВ/см},$$

где $R_{\text{пр}}$ – активное сопротивление провода; S – расстояние между проводами; n – количество проводов в фазе; $U_{\text{ф}}$ – номинальное фазное напряжение ВЛ.

Коэффициент неравномерности распределения заряда по поверхности составляющего провода $K_{\text{н}}$ [3]:

$$K_{\text{н}} = 1 + \beta R_{\text{пр}} / a;$$

где β – коэффициент, зависящий от числа проводов в фазе; a – шаг расщепления расщепленного провода.

Начальная напряженность E_0 на проводе радиусом $R_{\text{пр}}$ (м) [3]:

$$E_0 = 3 \cdot 10^6 \left(1 + \frac{0,03}{\sqrt{\delta R_{\text{пр}} n}} \right),$$

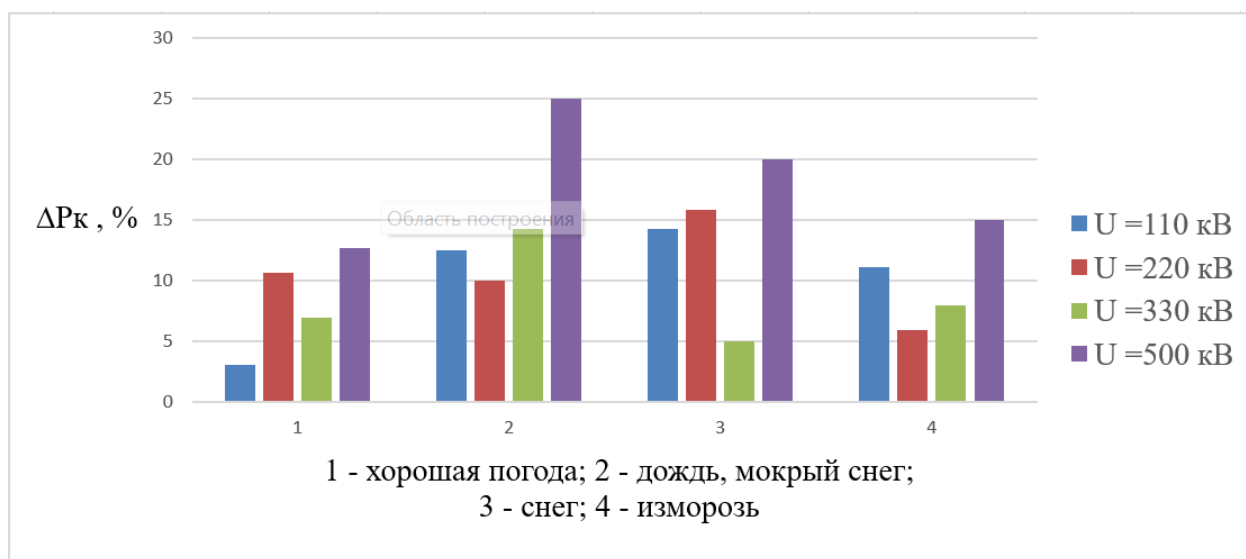
где δ – относительная плотность воздуха.

Потери мощности общей короны ΔP_k при переменном токе можно определить по расчетным кривым, которые представляют зависимость ПК от соотношения между критической напряженностью и эквивалентной [3]:

$$\frac{\Delta P_k}{nR_{\text{пр}}^2} = f\left(\frac{E_{\text{э}}}{E_0}\right),$$

где n – число проводов в фазе, $R_{\text{пр}}$ – радиус провода, E_0 – критическая напряжённость, $E_{\text{э}}$ – эквивалентная напряжённость на поверхности провода.

В качестве тестируемых моделей были рассмотрены воздушные линии на стальных опорах с различным количеством проводов в фазе напряжением 110 - 500 кВ, выполненные неизолированными проводами марки АС при коэффициенте гладкости $m = 0,8$ и радиусов проводов для $R_{\text{пр}} = 0,6$ (110 кВ); $R_{\text{пр}} = 1,2$ (220 кВ); $R_{\text{пр}} = 1,7$ (330 кВ); $R_{\text{пр}} = 2,5$ (500 кВ); $\delta = 0,8$.



Гистограмма уменьшения потери мощности на корону при увеличении количества проводов в фазе в процентном соотношении для напряжений 110 кВ, 220 кВ, 330 кВ и 500 кВ.

При увеличении напряжения, увеличиваются потери мощности. Расщепление проводов позволяет уменьшить потери мощности. В изморозь потери мощности максимальны. Наибольший потенциал энергосбережения при расщеплении фаз (ΔP_k) имеют ВЛ напряжением 500 кВ при любой погоде см. рис.

Источники

1. Костюшко, В.А. Расчет потерь мощности на корону на воздушных линиях электропередачи переменного тока [Текст] / В.А. Костюшко // Энергия единой сети. – 2016. – № 3 (26). – С. 40-47.
2. Костюшко, В.А. Снижение потерь мощности на корону на воздушных линиях электропередачи переменного тока [Текст] / В.А. Костюшко, Л.В. Тимашова, А.С. Мерзляков, С.М. Михайлов, И.А. Назаров // Энергия единой сети. – 2016. – № 4 (27). – С. 42-53.
3. Руководящие указания по учету потерь на корону и помех от короны при выборе проводов воздушных линий электропередачи переменного тока 330-750 кВ и постоянного тока 800-1500 кВ. М.: СЦНТИ, 1975

УДК 621.315.615.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ДЕГРАДАЦИИ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЗНАЧЕНИЙ ТАНГЕНСА УГЛА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ

А.Р. Шарипова¹, О.В. Воркунов²

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

¹aygul.sharipova.99@list.ru, ²vorcunov_oleg@mail.ru

Силовые трансформаторы являются наиболее важной составляющей энергосистемы в целом. Традиционно минеральное (трансформаторное) масло используется в качестве изолирующего хладагента для силовых трансформаторов. В данном исследовании проведены опыты по определению степени деградации трансформаторного масла от его характеристики ($\text{tg}\delta$). Представлены результаты измерения $\text{tg}\delta$ в зависимости от температуры четырех проб трансформаторного масла и определены их степени деградации.

Ключевые слова: трансформаторное масло, степень деградации, тангенс угла диэлектрических потерь.

DETERMINATION OF THE DEGREE OF DEGRADATION OF TRANSFORMER OIL DEPENDING ON THE VALUES OF THE TANGENT OF THE DIELECTRIC LOSS ANGLE

A.R. Sharipova¹, O.V. Vorkunov²

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

¹aygul.sharipova.99@list.ru, ²vorcunov_oleg@mail.ru

Power transformers are the most important component of the power system as a whole. Traditionally, mineral (transformer) oil is used as an insulating refrigerant for power transformers. In this study, experiments were conducted to determine the degree of degradation of transformer oil from its characteristics ($\text{tg}\delta$). The results of measuring $\text{tg}\delta$ depending on the temperature of four transformer oil samples are presented and their degradation degrees are determined.

Keywords: transformer oil, degree of degradation, the tangent of the dielectric loss angle.

Трансформаторное масло играет одну из наиболее важных ролей в правильном функционировании трансформатора и служит эффективным охладителем и изоляцией. В соответствии с назначением, а также для длительной и безопасной работы маслонаполненного оборудования трансформаторное масло должно обладать следующим качеством - быть хорошим диэлектриком, то есть иметь высокое значение пробивного напряжения и низкое и стабильное значение тангенса угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$ [1].

Повышение тангенса угла диэлектрических потерь трансформаторного масла может привести к ухудшению всех изоляционных характеристик трансформатора [2]. Поэтому, при повышении диэлектрических потерь масла сверх нормируемого предела нужно принять меры к его снижению или заменить масло, так как идут быстрые деградационные процессы. В результате старения трансформаторного масла происходит повышение $\text{tg}\delta$, обусловлено это растворением в них компонентов плохо запеченных лаков трансформатора, сопровождающимся, как правило, повышением кислотного числа, а также влиянием ароматических соединений и способностью масла образовывать осадок в процессе старения.

Для определения диэлектрических потерь трансформаторного масла для нескольких образцов с разной степенью деградации, была использована автоматизированная установка измерения диэлектрических потерь трансформаторного масла «Тангенс 3М» (рис. 1). Преимущество данного прибора заключается в максимально быстром и эффективном анализе масла [3].



Рис.1 Установка «Тангенс 3М»

Результат измерения $\text{tg}\delta$ в зависимости от температуры для четырех проб трансформаторного масла представлен на рис. 2. Полученные значения измерений приведены в таблице.

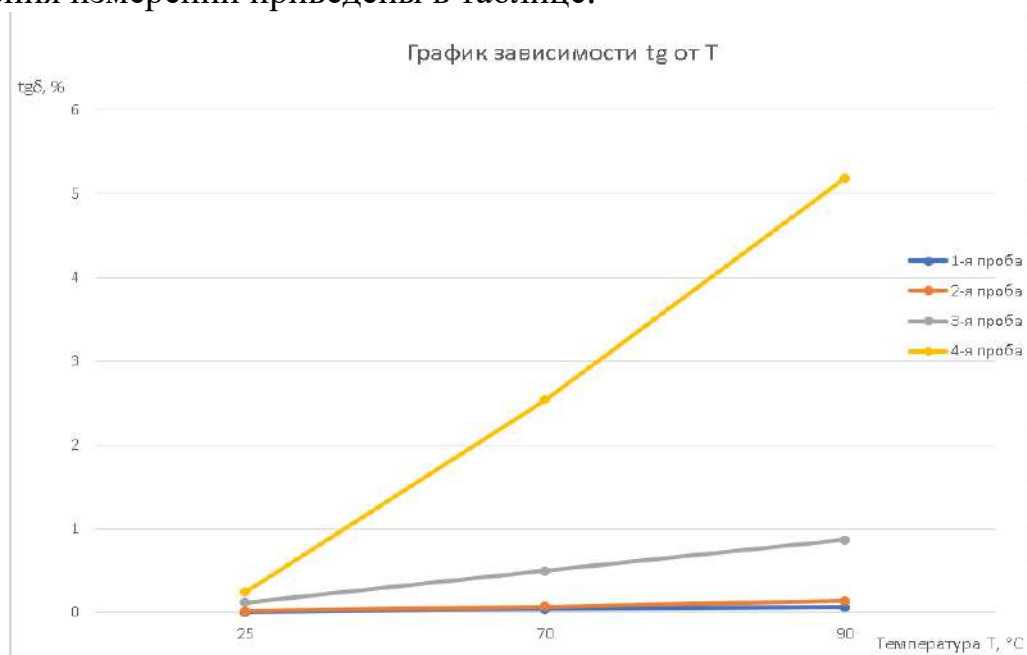


Рис.2 График зависимости $\text{tg}\delta$ от T для четырех проб масла

Значения измерений проб трансформаторного масла

$\text{tg}\delta$, %/ T, °C	25	70	90
$\text{tg}\delta$ 1-й пробы	0,008	0,045	0,066
$\text{tg}\delta$ 2-й пробы	0,019	0,076	0,142
$\text{tg}\delta$ 3-й пробы	0,123	0,501	0,871
$\text{tg}\delta$ 4-й пробы	0,246	2,537	5,185

Исходя из этих значений, пробы масел располагаются в порядке возрастания степени деградации: №1-№2-№3-№4. Из этого следует, что первая проба – наиболее свежая и незагрязненная, а четвертая проба соответственно самая деградированная и необходима очистка. Как видно из графика пробы масел №3 и №4 подлежат немедленной замене, а другие пробы (№1, №2) могут далее эксплуатироваться в маслonaполненном оборудовании.

Контроль степени деградации ТМ позволяет своевременно предпринимать меры по улучшению качества трансформаторного масла и, следовательно, увеличению срока службы ТМ и самого трансформатора.

Источники

1. Определение характеристик трансформаторного масла спектральным методом / Д. М. Валиуллина, Ю. К. Ильясова, В. К. Козлов [и др.] // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2021. – Т. 13. – № 1(49). – С. 66-74. – EDN ZPNNCZ.

2. Механизмы деградации трансформаторных масел / В. К. Козлов, Д. М. Валиуллина, О. А. Туранова, А. Н. Туранов // Электрические станции. – 2022. – № 2(1087). – С. 41-44. – EDN FCLUNX.

3. Определение степени старения трансформаторного масла по тангенсу угла диэлектрических потерь / В. К. Козлов, Д. М. Валиуллина // Наука и образование в условиях мировой нестабильности: проблемы, новые этапы развития: Материалы II международной научно-практической конференции, Ростов-на-Дону, 30 апреля 2022 года. – г. Ростов-на-Дону: Общество с ограниченной ответственностью "Манускрипт", 2022. – С. 295-308. – EDN QRITLL.

УДК 621.311.19

РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОЙ МОДЕЛИ НАДЕЖНОСТИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ МЕТОДА МОНТЕ- КАРЛО С ОЦЕНКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СЕКЦИОНИРОВАНИЮ УЧАСТКОВ

¹Ш.Р. Яхин, ²К.Д. Фомин, ³И.Ф. Галиев

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹reventon.201223@gmail.com, ²kirill_fomin_99@inbox.ru, ³galievi.f@list.ru

В статье в рамках разрабатываемой концепции интегрированной экспертной системы диагностики (ИЭСД) оборудования распределительной сети (РС), представлен алгоритм комбинированной модели расчета комплексных показателей надежности на основе метода статистических испытаний (Монте-Карло) с оценкой эффективности мероприятий по модернизации участков закольцованных фидеров 10 кВ. Предложенная комбинированная модель надежности является составной частью расчетного модуля аналитического комплекса экспертной системы (Базы Знаний) распределительной сети.

Ключевые слова: алгоритм, распределительная сеть, моделирование, метод статистических испытаний, расчет надежности, эффективность мероприятий.

DEVELOPMENT OF A COMBINED MODEL OF RELIABILITY OF THE DISTRIBUTION NETWORK BASED ON THE MONTE CARLO METHOD WITH EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF MEASURES ON SECTIONALIZATION OF SECTIONS

¹Sh.R. Yakhin, ²K.D. Fomin, ³I.F. Galiev

^{1,2,3}KSPEU, Kazan, Russia

¹reventon.201223@gmail.com, ²kirill_fomin_99@inbox.ru, ³galievi.f@list.ru

In the article, within the framework of the developed concept of an integrated expert diagnostic system (IESD) of distribution network (DC) equipment, an algorithm is presented for a combined model for calculating complex reliability indicators based on the statistical test method (Monte Carlo) with an assessment of the effectiveness of measures to modernize sections of 10 kV looped feeders. The proposed combined reliability model is an integral part of the calculation module of the analytical complex of the expert system (Knowledge Base) of the distribution network.

Keywords: algorithm, distribution network, simulation, statistical test method, reliability calculation, measures efficiency.

В качестве объекта моделирования рассматривается схема распределительной сети (РС) на примере двух закольцованных фидеров, каждый из которых запитан от разных центров питания 10 кВ. Схема РС приведена на рисунке 1. Фидеры 10 кВ связаны между собой кольцующим разъединителем КР, а магистральные участки фидеров секционированы линейными реклоузерами. На схеме так же указаны длины участков и ответвлений, а также номинальные мощности подстанций потребителей РС.

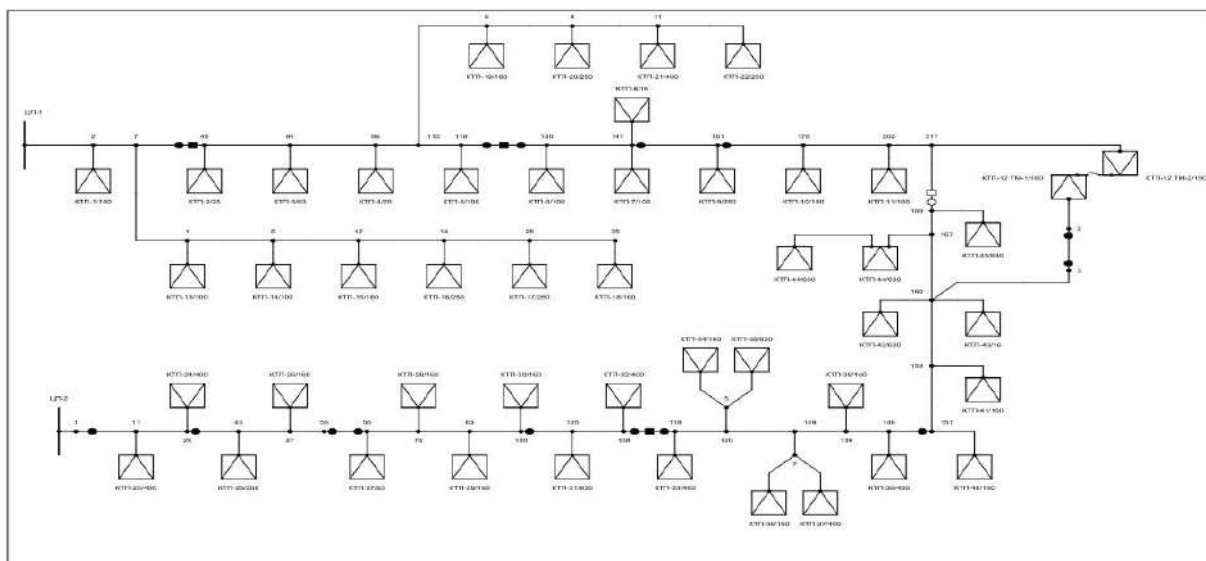


Рис.1. Схема распределительной сети 10 кВ

На рисунке 2 приведена блок-схема алгоритма комбинированной модели расчета надежности и оценки эффективности мероприятий в распределительной сети.

Описание расчетных надежностных схем замещения вариантов сети и данные по показателям надежности элементов схем позаимствованы из [1,2].

Алгоритм состоит из следующих этапов:

1. Описание исходных массивов данных размером N – необходимого числа испытаний с погрешностью $\sim 1/\sqrt{N}$; времен наработок на отказ T_{hi} и плановые ремонты T_{pi} , час.; времен восстановлений T_{bi} и длительностей плановых ремонтов T_{ri} , час и вероятностей отказов q_j , о.е.; мощностей нагрузок S_{ngi} , кВА и значений удельных ущербов y_{0j} , руб./кВт×час; уровней функционирования магистралей сети (пропускной способности) S_N , кВА.

2. Задание исходных данных: времени наблюдения (испытания) $T_{наб}$, параметров законов непрерывных случайных величин СВ – средних значений $\bar{T}_{hi}, \bar{T}_{bi}, \bar{T}_{pi}, \bar{T}_{hpi}$ i -х элементов сети; j -х мощностей сезонных нагрузок S_{ngj} ; протяженностей участков фидеров L_1, L_2 и стоимостей мероприятий по модернизации участков K_1, K_2 ; тарифа на передачу электроэнергии T_3 и числа уровней функционирования фидера K .

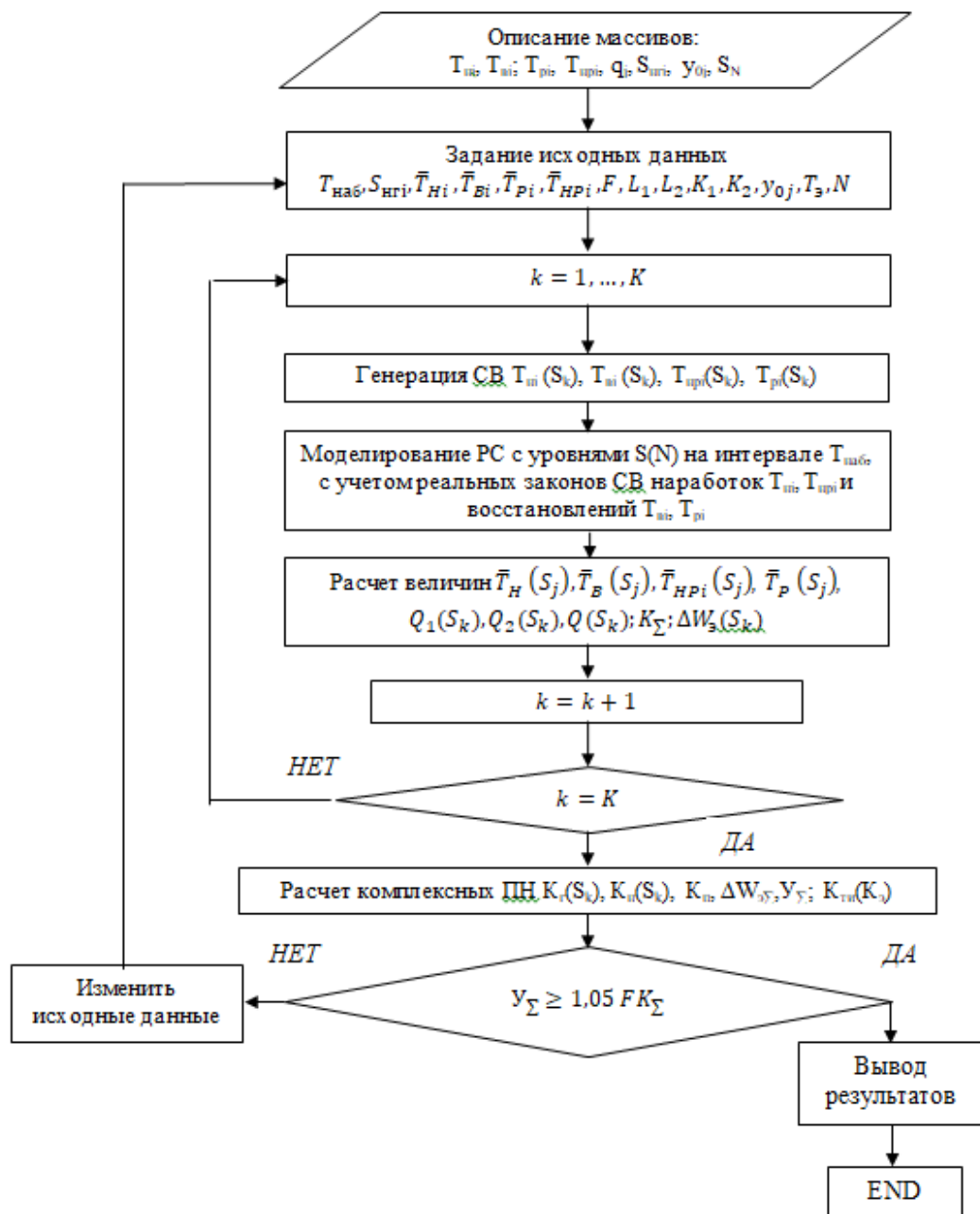


Рис. 2. Блок-схема алгоритма программы МК

3. На интервале времени $T_{наб}$ запускается процесс генерации псевдослучайных чисел временных интервалов наработок и длительностей состояний $T_{нi}(S_k)$, $T_{ви}(S_k)$, $T_{прi}(S_k)$, $T_{ри}(S_k)$ с уровнями функционирования фидера S_k по фактическим законам распределения СВ.

4. Последовательное моделирование РС с уровнями $S(k)$, $k = 1, \dots, K$ на интервале $T_{\text{наб}}$, с учетом реальных законов наработок $T_{\text{ни}}$, $T_{\text{нpi}}$ и восстановлений $T_{\text{ви}}$, T_{pi} и расчет средних значений величин $\bar{T}_H(S_k)$, $\bar{T}_B(S_k)$, $\bar{T}_{HPI}(S_k)$, $\bar{T}_P(S_k)$.

5. Расчет комплексных ПН по уровням $S(N)$, $k = 1, \dots, K$: коэффициентов готовности $K_r(S_k)$, неготовности $K_n(S_k)$, плановых простоев $K_{\text{п}}(S_k)$, технического использования $K_{\text{ти}}$ (эффективности $K_{\text{э}}$), суммарных величин недоотпусков электроэнергии ΔW_{Σ} и среднегодовых ущербов Y_{Σ} .

6. Сопоставление эффективности (целесообразности) внедрения программ модернизации участков распределительной сети по критерию [3] $Y_{\Sigma} \geq 1,05 FK_{\Sigma}$.

Источники

1. I. F. Galiev, R. Y. Shamil, A. M. Makletsov, R. I. Galiev, "Development of Methods to optimize the Number and Places of Installation of Active-Adaptive Sectionalizing Elements with an Assessment of the Effectiveness of Measures in the Distribution Network," 2022 International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon), Magnitogorsk, Russian Federation, 2022, pp. 445-452, doi: 10.1109/UralCon54942.2022.9906627.

2. Яхин Ш.Р., Галиев И.Ф., Гизатуллин А.Р., Маклецов А.М. Методика ранжирования эффективности мероприятий по реконструкции и модернизации участков распределительной сети // XVII Диспетчеризация и управление в электроэнергетике. - Казань: 2022. - С. 370-373.

3. Яхин Ш.Р., Галиев И.Ф. Оптимизация вариантов секционирования распределительной сети с оценкой их эффективности // CHRONOS. - 2022. - №7(69). - С. 38-39.

СЕКЦИЯ 2. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

УДК 621.314.211

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ ОБМОТОК И МАСЛА ТРАНСФОРМАТОРОВ ОТ КОЭФФИЦИЕНТА ЗАГРУЗКИ

А. Альзаккар

Науч. рук. д-р. техн. наук. профессор Е.И. Грачева

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

Ahmadalzakkar86@gmail.com

Мониторинг состояния силовых трансформаторов имеет большое значение при рассмотрении вопросов надежности и безопасности в энергосистеме. Термическое напряжение является одним из основных параметров, который необходимо контролировать. Резкие колебания температуры обмотки трансформатора, масла, изолирующей среды и т. д. влияют на условия эксплуатации, срок службы и безопасность трансформаторов. Целью исследования является определение вида функций аппроксимации зависимости температуры обмоток и масла силовых трансформаторов от их загрузки, имеющих наименьшую погрешность.

Ключевые слова: обмотки, температура, трансформатор, функция аппроксимации.

DETERMINATION OF THE FUNCTIONAL DEPENDENCE OF THE WINDINGS AND OIL TEMPERATURE OF TRANSFORMERS ON THE LOAD FACTOR

A. Alzakkar

KSPEU, Kazan, Russia

Ahmadalzakkar86@gmail.com

Monitoring the condition of power transformers is of great importance when considering issues of reliability and safety in the power system. Thermal stress is the main factor that needs to be controlled. Sharp fluctuations in the temperature of the transformer winding, oil, insulating medium, etc. affect the operating conditions, service life and safety of transformers. The purpose of the study is to determine the type of approximation functions for the dependence of the temperature of the windings and oil of power transformers on their load.

Keywords: windings, temperature, transformer, approximation function.

Раздел 1. Коэффициент детерминации.

Для исследования функциональных зависимостей параметров, установления взаимосвязи между переменными и построения моделей аппроксимации используется коэффициент детерминации [1].

Коэффициент детерминации — это показатель, представляющий информацию о необходимой модели. $R^2 \in [0-1]$. Более высокое значение R^2 указывает на лучшее соответствие модели [2]. В контексте регрессии это статистический показатель того, когда статистическая модель используется или для прогнозирования будущих результатов, или для проверки гипотез.

В данном исследовании независимой переменной будет температура ($y=t_{ред}$), а зависимой переменной будет коэффициент нагрузки ($x=K_{32}$).

Коэффициент R^2 вычисляется [3] по данному уравнению (1):

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_i (y_i - \hat{y})^2}{\sum_i (y_i - \bar{y})^2} \quad (1)$$

Где y_i — фактические значения; $\hat{y}$ — расчетные значения исследуемой величины; $\bar{y} = \frac{\sum_i y_i}{n}$ — среднее значение исследуемой величины; $\sum_i (y_i - \hat{y})^2$ — сумма квадратов ошибок регрессии; $\sum_i (y_i - \bar{y})^2$ — сумма квадратов отклонений точек данных от среднего значения.

Средняя ошибка аппроксимации вычисляется [4] по выражения (2):

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \sum_i \left| \frac{(y_i - \hat{y})}{y_i} \right| \quad (2)$$

n- Количество фактических значений.

Раздел 2. Построение функций аппроксимации.

Аппроксимирующие функции [5] температуры элементов конструкции силовых трансформаторов от их загрузки можно представить следующими зависимостями:

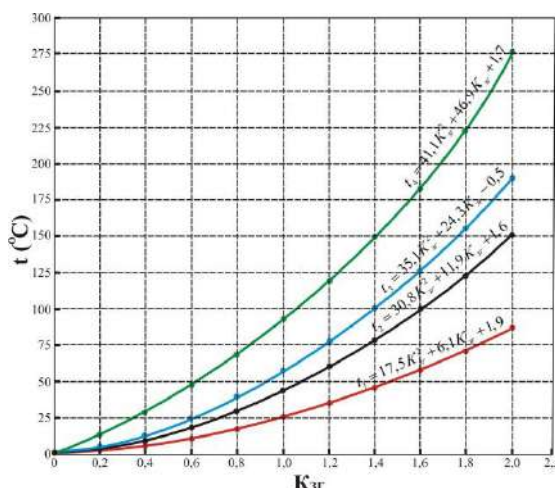
Таблица 1

Уравнения аппроксимации температуры установившегося перегрева от коэффициентов загрузки трансформаторов

Аппроксимирующая функция		R^2	$\bar{A}\%$
1. Значение температуры среднего перегрева обмотки сверх температуры масла ($^{\circ}\text{C}$)			
Экспоненциальная	$t_1 = 2,7697 e^{1,9146 K_{32}}$	0,711	9,97%

Линейная	$t_1 = 41,182.K_{32} - 85,455$	0,945	85,16%
Полиномиальная	$t_1 = 17,541.K_{32}^2 + 6,1.K_{32} + 1,979$	0,998	7,2%
2.Значение температуры среднего перегрева масла сверх температуры охлаждающего воздуха (°C)			
Экспоненциальная	$t_2 = 3,5496e^{2,127.K_{32}}$	0,50	16,61%
Линейная	$t_2 = 73,5.K_{32} - 16,864$	0,947	161,81%
Полиномиальная	$t_2 = 30,798.K_{32}^2 + 11,903.K_{32} + 1,6154$	0,999	4,49%
3. Значение температуры перегрева масла сверх температуры охлаждающего воздуха (°C)			
Экспоненциальная	$t_3 = 4,0746e^{2,208.K_{32}}$	0,292	21,41%
Линейная	$t_3 = 94,5.K_{32} - 21,591$	0,952	205%
Полиномиальная	$t_3 = 35,111.K_{32}^2 + 24,279.K_{32} - 0,5245$	0,993	13,84%
4.Значение температуры перегрева наиболее нагретой точки сверх температуры охлаждающего воздуха (°C)			
экспоненциальная	$t_4 = 6,456e^{2,1634.K_{32}}$	0,127	41,49%
линейная	$t_4 = 129,23.K_{32} - 22,955$	0,968	218%
полиномиальная	$t_4 = 41,171.K_{32}^2 + 46,885.K_{32} + 1,7483$	0,999	6,3%

На рисунке приведены графики аппроксимирующих функций для 4 значений температуры перегрева обмотки и масла трансформаторов.



Графики аппроксимирующих функций (полиномиальные)

По итогам исследования установлено, что полиномиальная функция является наиболее точной, т.к. коэффициент детерминации ближе к единице и процент средней ошибки аппроксимации наименьший.

Источники

1. Абдуллазянов Э.Ю., Грачева Е.И., Альзаккар А., Низамиев М.Ф., Шумихина О.А., Valtchev S. Прогнозирование и анализ электропотребления и потерь электроэнергии на промышленных объектах. Проблемы энергетики. 2022;24(6):3-12.
2. Грачева Е. И., Наумов О.В., Садыков Р.Р. Учет холостого хода трансформаторов в период эксплуатации при расчете потерь электроэнергии в распределительных сетях. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2016;(1-2):53-63.
3. Грачева Е. И. Потери электроэнергии в низковольтных сетях. Министерство образования и науки РФ, КГЭУ. Казань, 2004, 127 с.
4. N. Mestnikov, P. Vasiliev and A. Alzakkar, "Development of Method of Protection of Solar Panels Against Dust Pollution in the Northern Part of the Russian Far East," International Ural Conference on Measurements (UralCon), 2021. DOI: 10.1109/UralCon52005.2021.9559596.
5. Alzakkar A., Hassan F.A. Support of Frequency Stability in Electrical Power System at Voltage 400 kV in Syria // Advances in Automation II: Proc. of the International Russian Automation Conference. 2021. Pp 891–902. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-71119-1_86.

УДК 621.313.323

ДВИГАТЕЛИ С ПЕРЕМЕННЫМ МАГНИТНЫМ СОПРОТИВЛЕНИЕМ

К.А. Абдреев

Науч. рук. д-р техн. наук, доцент М. Ш. Гарифуллин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
abdreev.kirill@mail.ru

Асинхронные электродвигатели занимают около 80% парка всех двигателей. Популярность этих машин связана в первую очередь с их высоким пусковым моментом и простотой конструкции. Синхронные двигатели в свою очередь лучше работают в номинальном режиме. Стремление объединить преимущества обоих двигателей и является причиной создания гибридных электродвигателей.

Ключевые слова: двигатели с переменным магнитным сопротивлением, гибридный двигатель, пусковой момент, синхронный двигатель.

MOTORS WITH VARIABLE MAGNETIC RESISTANCE

K.A. Abdreev

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

abdreev.kirill@mail.ru

Asynchronous electric motors occupy about 80% of the fleet of all engines. The popularity of these machines is primarily due to their high starting torque and simplicity of design. Synchronous motors, in turn, work better in nominal mode. The desire to combine the advantages of both engines is the reason for the creation of hybrid electric motors.

Keywords: variable magnetic resistance motors, hybrid motor, starting torque, synchronous motor

Электрические двигатели являются одной из важнейших частей электрической промышленности, и в связи с этим эта отрасль развивается очень быстро. Большую часть электродвигателей в наше время составляют асинхронные двигатели. Связано это в первую очередь с их высоким пусковым моментом и простотой устройства. Однако асинхронные двигатели работают хуже синхронных в номинальном режиме. В связи с этим, разрабатываются технологии синхронных двигателей, направленных на повышение их момента. Одной из таких являются гибридные синхронные двигатели или двигатели с переменным магнитным сопротивлением.

Принцип работы гибридных электродвигателей заключается в совмещении в себе работы синхронного реактивного двигателя и синхронного двигателя с постоянными магнитами. В ротор, по типу ротора реактивного двигателя, в пазы между полюсами помещаются постоянные магниты, которые занимают около 30% длины. Соответственно двигать на 70% длины будет реактивным. Такое расположение приводит к неоднородности магнитной проницаемости ротора [1]. Вследствие этого электромагнитный момент такого двигателя будет содержать в себе: вращающий момент, созданный реактивным током обмотки статора, суммарную энергию магнитного поля в рабочем зазоре и моменты, поперечного и продольного магнитного потока магнитоэлектрической части с постоянными магнитами. Тогда формула электромагнитного момента будет иметь вид:

$$M = \frac{1}{2} I^2 (x_{dp} - x_{qp}) \sin(2\beta) + \frac{p_{\pi} \Phi_1 \Phi_M}{\mu_0} \sin(\theta) + \frac{1}{2} I^2 x_{ds} \sin(2\theta) + \frac{1}{2} I^2 x_{qs} \sin(2\theta),$$

где: I - реактивный ток обмотки статора, x_{dp} , x_{qp} - реактивные сопротивления по продольной и поперечной осям, β - угол между осью полюса ротора и намагничивающей силой статора, p_{π} - число пар полюсов, $\Phi_1 \Phi_M$ - потоки обмотки статора и встроенных магнитов, μ_0 -

магнитная проницаемость воздуха, θ - угол между векторами потоков в воздушном зазоре, x_{d3}, x_{q3} - моменты продольной и поперечной оси магнитоэлектрической части с постоянными магнитами, по которым проходит магнитный поток. Электромагнитные моменты, создаваемые реактивным и постоянным ротором, будут накладываться, тем самым увеличивая значения суммарного момента при положительных значениях моментов, и уменьшая его при отрицательных. Они могут изменяться по средствам регулирования углов β и θ . Таким образом максимальное значение суммарного момента вырастает на 75% в сравнении с электромагнитным моментом части с постоянными магнитами, и на 130% в сравнении с реактивной частью момента. [2, 3]

Одним из основных разработчиков и потребителей таких электродвигателей является компания Tesla, Inc. Переход с асинхронного двигателя на гибридный перешёл в 2017-м году в модели автомобиля Tesla Model 3. [4]

Варьирование момента, таким образом, помогает увеличить пусковой момент в момент подключения двигателя, а после, уменьшив его, установить стабильную и наиболее эффективную работу при установившемся режиме двигателя. Это помогает сохранить главное преимущество синхронных двигателей, в виде эффективной работы в нормальном режиме, и нивелировать недостатки, выражающиеся малым пусковым моментом.

Источники

1. Големгрейн В.В. Динамические режимы работы синхронного гибридного двигателя: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Томск, 2002. – 20 с.
2. Суворкова Е. Е. Характеристики гибридной синхронной машины / Е. Е. Суворкова, Ю. Н. Дементьев, Л. К. Бурулько // Известия томского политехнического университета – 2013. – № 4. – С. 170–172. - ISSN: 1684-8519
3. Васильева С.А. Синхронный гибридный двигатель как основная альтернатива асинхронного двигателя / С. А. Васильева // «Введение в энергетику» / Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева. – Кемерово, 2016. – С. 229.
4. Govindasamy, Kannan; Tesla (June 21, 2017). Request for issuance of a new certificate of Conformity – Initial application for MY2017 Model 3 - Touring URL: https://web.archive.org/web/20180812030236/https://iaspub.epa.gov/otaqpub/display_file.jsp?docid=40001&flag=1 (дата обращения 01.03.2023).

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО УРОВНЯ НАПРЯЖЕНИЯ МИКРОСЕТИ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Е.С. Андреенков

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», г. Смоленск, Россия
root67@mail.ru

В статье рассматривается применение микросетей постоянного тока как способ повышения эффективности электроснабжения потребителей, отдаленных от единой энергосистемы. Приводится обзор стандартов и областей применения уровней напряжения постоянного тока. Выделяются наиболее характерные уровни напряжения согласно требованиям стандартов, учитывая совместимость с сетью переменного тока и предлагаются оптимальные диапазоны напряжения.

Ключевые слова: микросеть, распределительная сеть постоянного тока, электроснабжение, уровень напряжения.

SELECTING THE OPTIMAL VOLTAGE LEVEL OF THE DC MICROGRID

E.S. Andreenkov

Branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education NRU
MPEI, Smolensk, Russia
root67@mail.ru

The article discusses the use of DC microgrids to improve the efficiency of power supply to consumers remote from the unified power system. An overview of standards and applications for DC voltage levels is provided. The most characteristic voltage levels are distinguished according to the requirements of the standards, considering compatibility with the AC mains, and optimal voltage ranges are proposed.

Keywords: microgrid, DC distribution network, power supply, voltage level.

Перспективным способом повышения надёжности и экономичности электроснабжения, а значит и доступности электроэнергии для потребителей отдаленных районов является применение систем распределённой генерации на базе возобновляемых источников — микросетей на базе системы постоянного тока. Такие системы лишены потерь, обусловленных циркуляцией реактивной мощности, не имеют проблем с необходимостью синхронизации источников по частоте и поэтому являются более простыми и эффективными [1], [2].

Одной из проблем на пути практической реализации микросетей является выбор оптимального уровня напряжения шины постоянного тока, что обусловлено отсутствием единого стандарта на напряжения распределительных сетей постоянного тока. Решение задачи выбора

оптимального напряжения шины постоянного тока не является очевидным. Оптимальный уровень напряжения – это компромисс между безопасностью и стремлением снизить потери. Более высокое напряжение позволяет снизить сечение питающих кабелей или потери в сети, в тоже время оно опаснее для эксплуатирующего и обслуживающего персонала.

В соответствии со стандартом ГОСТ 29322-2014 [3] к системам низкого напряжения постоянного тока относятся системы с уровнями напряжения ниже 1500 В. Этот диапазон охватывает несколько областей применения: от компьютерной электроники до автомобильных, морских и аэрокосмических систем питания. В таблице 1 приведена шкала напряжений постоянного тока согласно различным стандартам и областям применения.

Таблица 1

Обзор стандартов и областей применения уровней напряжения постоянного тока

Уровни напряжения, установленные стандартами, В				Области применения напряжения постоянного тока	
1500 750 (600)	Уровни напряжения постоянного тока для тяговых систем согласно ГОСТ 29322-2014 (IEC60038)			1500	Тяговые сети ж/д
				750 (600)	Тяговые сети городского электротранспорта
440	Предпочтительные номинальные напряжения для низковольтных приемников постоянного тока; ГОСТ 29322-2014 (IEC60038)	400	Предельный уровень источников DC; ETSI EN 300 132-3-1	380	Центры обработки данных
		380	Emerge Alliance (Data/Telecom)		
220					
110					
72		120	Предельный уровень сверхнизкого напряжения; ГОСТ IEC61140-2012		
48		50	IEEE 802.3bt, 802.3bu	50	Оборудование в сфере телекоммуникаций и интернета
				48	Напряжение солнечных панелей
24		24	Оборудование космических аппаратов; Emerge Alliance	24	Осветительное оборудование
12				12	Оборудование в автомобилях
6	5			Микроэлектроника	

Для систем электроснабжения можно выделить несколько наиболее характерных уровней напряжения согласно требованиям стандартов, наличия готовых технических решений и исходя из совместимости с сетью переменного тока, которые представлены в таблице 2.

Таблица 2

Уровни постоянного напряжения в системах электроснабжения

Уровень напряжения, В	Область применения
≥ 565	Соединение с сетью переменного тока 400В
380-400	Стандартный уровень для серверных
325	Для нагрузок с выпрямителем на входе
230	Для чисто активных нагрузок
120	Предельный уровень, не требующий защиты от косвенных прикосновений
48	Стандартное напряжение в телекоммуникационной отрасли
12-24	Стандартные напряжения в автомобильной промышленности

С учетом эффективности, безопасности и совместимости с другими системами, можно предложить следующие оптимальные диапазоны напряжения.

1. 24–48 В. Нагрузки с низким энергопотреблением ($<0,4$ кВт), включающие различные электронные устройства (например, маршрутизаторы, зарядные устройства для телефонов, компьютеры, телевизоры, светодиодные лампы и т.п.), которые находятся в основном жилых помещениях. Поэтому электроснабжение большинства помещений в жилом доме можно обеспечить с максимальной безопасностью.

2. 230–400 В. Потребители средней мощности (0,4-10кВт), включающие кухонные приборы (плита, духовка) а также стиральные машины и т.п. При уровне напряжения 230 В постоянного тока токовая нагрузка в проводниках будет соответствовать нагрузке в однофазной системе 230 В переменного тока. При необходимости уменьшения потерь и расхода проводникового материала напряжение можно увеличить до 400 В.

3. ≥ 538 В. Силовая нагрузка (≥ 10 кВт), включающая прежде всего общедомовые потребители и источники (например, системы кондиционирования, накопители электроэнергии, и т.п.).

Источники

1. Вафин Ш.И. Сравнительная оценка единой системы электроснабжения на постоянном токе // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2014. № 9-10. С. 55-65.

2. Шульга Р.Н. Распределенная генерация с использованием ВИЭ в составе мультиагентных систем постоянного тока // Энергосбережение и Водоподготовка. 2017. №5(109). С.58-68.

3. ГОСТ 29322-2014 (IEC 60038:2009) Напряжения стандартные. М.: Стандартинформ, 2015.

УДК 621.313.323

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА

Д.Е. Артемов

Науч. рук. д-р. техн. наук, доцент А.Р. Сафин

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

ООО "ЭНЕРГОЗАЩИТА" г. Казань, Россия

dmitryartemoff@gmail.com

В статье рассматривается актуальность применения тяговых синхронных электродвигателей для электротранспорта. Разработка тяговых синхронных электродвигателей для электротранспорта позволит повысить энергоэффективность электромобиля; достичь максимального показателя крутящего момента на любых отметках скорости; снизить вес электромотора; функционированию электродвигателя в режиме генератора, за счет рекуперации энергии торможения; снизить расходы на эксплуатацию электротранспорта (заряд электродвигателя восполняется от электросети).

Ключевые слова: тяговый синхронный электродвигатель, электротранспорт, крутящий момент.

ENERGY PROSPECTS OF USING THE SYNCHRONOUS ELECTROMOTORS FOR ELECTRIC TRANSPORT

D.E. Artemov

KSPEU, Kazan

LTD " Energy protection ", Kazan, Russia

dmitryartemoff@gmail.com

The article discusses various the relevance of using the traction synchronous electric motors for electric transport. The development of traction synchronous electric motors for electric transport will improve the energy efficiency of an electric vehicle; allow to reach maximum torque at any speed marks; reduce the weight of the electric motor; help the electric motor to function in the generator mode, due to the recuperation of braking energy; reduce the cost of operating electric transport (charging is replenished from the electricity grid).

Keywords: traction synchronous motor, electric transport, torque.

С активным внедрением в жизнь человека экологических автомобилей возникла потребность в использовании тяговых синхронный электродвигатель для электротранспорта. Именно он является главной движущей силой электротранспорта. Основа его работы - электромагнитная индукция. В результате изменения магнитного потока в замкнутом контуре возникает движущая сила [1].

Тяговый синхронный электродвигатель для электротранспорта может быть, и постоянного, и переменного тока. Основная его задача состоит в передаче крутящего момента. Данный электродвигатель отличается от электромеханической машины за счет большой мощности и более компактных размеров. Тяговый синхронный электродвигатель для электротранспорта необходимо использовать в системе «мотор–колесо», для которой пока еще не нашли активного применения [2].

Тяговый синхронный электродвигатель преобразовывает поступающую электрическую энергию (постоянного и переменного тока) в механическую. Тяговые синхронные электродвигатели способны вести свою работу во множестве режимов. Изменение частоты вращения ротора сопровождаются данные режима [3].

Разработка тяговых синхронных электродвигателей для электротранспорта позволит повысить энергоэффективность электромобиля, достичь максимального показателя крутящего момента на любых отметках, снизить расходы на эксплуатацию электротранспорта и вес электромотора.

Источники

1. Аватков Е. С. Высокоскоростной электротранспорт, Итоги науки и техники, Серия "Электрооборудование транспорта", Том 3, ВИНТИ АН СССР, М., 1975.

2. Тарута, П. В. Повышение эффективности использования энергии рекуперации в системе тягового электроснабжения постоянного тока [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07 / П. В. Тарута. — Омск, 2004. — 164 с.

3. Забудский Е.И. Электрические машины. Ч. 3 Синхронные машины: Учебное пособие для вузов – М.:МГАУ им. В.П. Горячкина, 2008. 196 с.

УДК 620.92

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕТРЯНЫХ УСТАНОВОК С ЦЕЛЬЮ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО КОМПЛЕКСА

Я.А. Бережной

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент В.Р. Иванова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

berezhnoy96@list.ru

В статье рассматривается возможность использования ветроэнергетических установок как дополнительных источников электроэнергии. Анализируется рентабельность ветрогенераторов при их установке в пос. Мысхако Краснодарского края. Приведен расчет необходимого количества ВЭУ для компенсации энергии, расходуемой на освещение и работу лифтов в жилом доме.

Ключевые слова: ветроэнергетика, ветрогенератор, ВЭУ, электроснабжение многоэтажных домов.

APPLICATION OF WIND PLANTS TO IMPROVE THE POWER SUPPLY SYSTEM RESIDENTIAL COMPLEX

Y.A. Berezhnoy

KSPEU, Kazan, Russia

berezhnoy96@list.ru

The article discusses the possibility of using wind turbines as additional sources of electricity. The profitability of wind turbines is analyzed when they are installed in the village. Myskhako, Krasnodar Territory. The calculation of the required number of wind turbines to compensate for the energy spent on lighting and the operation of elevators in a residential building is given.

Keywords: wind energy, wind generator, wind turbine, power supply of multi-storey buildings.

В отчете Глобального ветроэнергетического совета (GWEC) за 2021г. прогнозируется рост количества ветряных электростанций в мире на 6,6% в год, что составляет более 110 ГВт энергии ежегодно [1].

Интерес к применению ВЭУ в качестве источников электроэнергии наблюдается и на территории России, что обусловлено, в первую очередь, государственной политикой [2]. ВЭУ можно рассматривать как экономически выгодную и экологически безопасную замену локальным электростанциям, работающим на органическом топливе. Цена углеводородных источников энергии ежегодно увеличивается в связи с усложнением добычи ресурсов. Согласно расчетам, приведенным в [3], технический ветровой потенциал российской энергетики составляет $6,847 \cdot 10^7$ ГВт*час/год.

В рамках текущей работы рассматривается возможность использования ветроэнергетических установок в системе электроснабжения жилого комплекса с целью непрерывного обеспечения электроэнергией и снижения затрат на ее потребление.

Объект исследования расположен в поселке Мысхако г. Новороссийск Краснодарского края и представляет собой малоэтажный жилой комплекс, каждый дом которого включает в себя 500 квартир.

Согласно аналитическим данным [4], средняя скорость ветра в г.Новороссийске составляет 5,6-5,7 м/с. Таких значений достаточно для работы ветрогенераторов, функционирующих при скорости от 3м/с. При этом наиболее ветренными являются зимние месяцы, что позволяет генерировать в отопительный сезон большее количество электроэнергии и частично компенсировать затраты.

Для расчета среднего суточного энергопотребления жилого дома были использованы данные об осветительных приборах, установленных в коридорах, на этажах, стенах и крышах зданий, а также лифтах установленных в количестве 4 штук на каждый жилой дом. Так, среднесуточное потребление одного пятиэтажного дома составило 103,86 кВт*ч (или 3116 кВт*ч/месяц).

Ветрогенератор “ДОМ-2” производства компании ООО «Ветрострой», с максимально заявленной мощностью 2 кВт, гарантирует месячную отдачу до 250 кВт*ч при стартовой скорости ветра 3 м/с, номинальной – 10 м/с [5]. Для обеспечения рассчитанного объема потребления жилого дома необходимо 12 ВЭУ, которые возможно установить непосредственно на крыше здания, что обусловлено их размерами (диаметр винта до 4м) и низким шумовым фоном (до 30дБ). Препятствием для размещения на крыше здания могли бы стать другие

многоэтажные здания, препятствующие перемещению воздуха, однако все соседние дома представлены меньшей этажностью (от одного до четырех этажей). Близость к морю (500 метров) обеспечивает постоянный приток воздуха и также благоприятствует работе установок.

Учитывая стоимость одной ВЭУ 83500 рублей и текущие тарифы на электроэнергию 4,72 рубля за кВт*ч (примем размер ежегодной инфляции за 5%), окупаемость установок произойдет в период около 6 лет. При этом средняя продолжительность функционирования ветрогенератора составляет 15 лет. Таким образом, можно рассматривать ветроэнергетические установки как эффективный источник дополнительной энергии. Однако в качестве альтернативы классическим электростанциям «ветряки» не подойдут, т.к. не смогут обеспечивать бесперебойное энергообеспечение.

Источники

1. Ветроэнергетика: итоги развития в 2021 году и прогноз до 2026 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://renen.ru/vetroenergetika-itogi-razvitiya-v-2021-godu-i-prognoz-do-2026-g/> (дата обращения: 14.02.2023).

2. Распоряжение Правительства РФ от 08.01.2009 № 1-р (ред. от 01.06.2021) «Об основных направлениях государственной политики в сфере повышения энергетической эффективности электроэнергетики на основе использования возобновляемых источников энергии на период до 2035 года» // Собрание законодательства РФ. – 26.01.2009. - №4. – Ст.515.

3. Мингалеева Р.Д., Зайцев В.С., Бессель В.В. Оценка технического потенциала ветровой и солнечной энергетики России // Территория Нефтегаз. 2014, №3. С.82-90.

4. Скорости ветра в России и строительство ветряных электростанций (ВЭУ). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://manbw.ru/analytics/windrus.html> (дата обращения: 15.02.2023).

5. ООО «Ветрострой». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ветер-сила.рф/> (дата обращения: 15.02.2023).

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПИТАЮЩЕЙ ЦЕПИ НА САМОЗАПУСК АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Р.Д. Блохин¹, Р.У. Галеева²

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Т.И. Петров

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹fiesta.19@mail.ru, ²raisa_gal.52@mail.ru

Рассмотрены вопросы осуществления самозапуска высоковольтных асинхронных электродвигателей после кратковременного снижения напряжения вследствие близкого короткого замыкания, что является актуальной научно-технической задачей сохранения работоспособности электропривода. В работе приведена оценка влияния параметров внешней питающей цепи на самозапуск высоковольтных асинхронных электродвигателей.

Ключевые слова: параметры питающей цепи, асинхронный электродвигатель, кратковременный перерыв электроснабжения, самозапуск, автоматический ввод резерва, время самозапуска, выбег, скольжение.

INFLUENCE OF SUPPLY CIRCUIT PARAMETERS ON SELF- STARTING OF ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTORS

R.D. Blokhin¹, R.U. Galeeva²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

¹fiesta.19@mail.ru, ²raisa_gal.52@mail.ru

The issues of self-starting of high-voltage asynchronous electric motors after a short-term voltage drop due to a close short circuit are considered, which is an urgent scientific and technical task of maintaining the efficiency of the electric drive. The paper presents an assessment of the influence of the parameters of the external supply circuit on the self-starting of high-voltage asynchronous electric motors.

Keywords: supply circuit parameters, asynchronous electric motor, short-term interruption of power supply, self-start, automatic reserve input, self-start time, run-out, slip.

Для предотвращения нарушения технологических условий работы механизмов после кратковременного перерыва питания должен быть обеспечен их самозапуск [1]. Длительность простоя механизмов, связанных единым технологическим процессом, в ряде случаев может

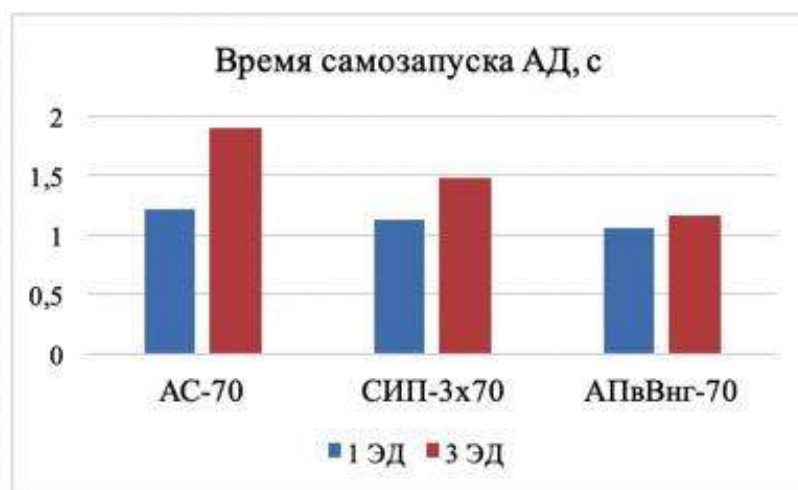
превышать длительность перерыва питания, тогда расчет самозапуска группы электродвигателей (ЭД) требует индивидуального подхода в связи с различными условиями их работы и схем питания от внешнего источника [2, 3, 4]. При этом успешность самозапуска будет зависеть от времени перерыва питания, параметров внешней сети, суммарной мощности неотключенных ЭД, коэффициентов загрузки и других факторов.

При расчете самозапуска асинхронных ЭД была рассмотрена динамика самозапуска при различных способах передачи электроэнергии.

Целью исследования является анализ влияния параметров внешней цепи на длительность самозапуска асинхронных ЭД.

Исходные данные: тип ЭД – А4-85/49-4УЗ; $U_{\text{ном}} = 10$ кВ; $n = 1-4$; $P_{\text{ном}} = 800$ кВт, $\cos\varphi_{\text{ном}} = 0,91$; $\eta = 0,947$; $n_{\text{ном}} = 950$ об/мин; $I_{\text{п}}^* = 6$; $M_{\text{п}}^* = 1,1$; $M_{\text{макс}} = 2,2$. При исследовании рассматривался способ передачи электроэнергии воздушной линией марки АС-70, длиной 1 км, самонесущим изолированным кабелем СИП – 3х70 и кабелем с СПЭ-изоляцией марки АПВВнг – 3х70. Автоматический ввод резерва (АВР) срабатывает при возникновении короткого замыкания за сопротивлением линии.

На рисунке приведена зависимость времени самозапуска асинхронного двигателя (АД) от сопротивления внешней сети при способе передачи электроэнергии по воздушной линии.



Время самозапуска АД при различных способах передачи электроэнергии и количестве самозапускаемых электродвигателей

При исследовании самозапуска была применена компьютерная модель электромеханического переходного процесса, предложенная в [5].

Проведенные исследования с использованием моделей внешних цепей питания, отличающихся конструктивными особенностями и местом возникновения КЗ показали, что время самозапуска АД зависит от способа передачи электроэнергии и количества самозапускаемых электродвигателей.

При одиночном самозапуске наименьшее время самозапуска имеет место при передаче электроэнергии кабелем с СПЭ-изоляцией, однако это время всего на 12 % меньше, чем при передаче по воздушной линии или СИП. При увеличении количества самозапускаемых ЭД картина меняется. Так при трех одновременно запускаемых высоковольтных электродвигателей мощностью 800 кВт время самозапуска уменьшается на 39 % при передаче электроэнергии кабелем с изоляцией из сшитого полиэтилена нежели по воздушной линии типа АС. При этом АВР должен работать быстрее при удаленных КЗ, так как рост остаточного напряжения зависит от места КЗ и марки провода источника питания.

Источники

1. ПУЭ. Правила устройства электроустановок. Издание 7. Электродвигатели и их коммутационные аппараты. Гл. 5.3.
2. Эрнст А.Д. Электромеханические переходные процессы в электрических системах: курс лекций. Нижневартонск: Изд-во НВГУ, 2013. С. 114–121.
3. Лащенко М.Б. Влияние самозапуска мощных двигателей на систему электроснабжения. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2019. № 1. С 134–140.
4. Захарова А.А., Комов А.Н. Моделирование самозапуска электроприводов головных агрегатов нефтеперекачивающей станции. Журнал «Электротехнические системы и комплексы». ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова», № 12(43). С.35–41.
5. Галеева Р.У., Куксов С.В. Алгоритм моделирования самозапуска группы асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором. ФГБОУ ВО. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 3. С. 181–193.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НА ВРЕМЯ САМОЗАПУСКА

Н.А. Валитов¹, Р.У. Галеева²

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Т.И.Петров

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹alvalitov29@gmail.com, ²raisa_gal.52@mail.ru

В работе рассмотрены вопросы влияния технических параметров асинхронных электродвигателей на их поведение при кратковременных перерывах электроснабжения. Самозапуск высоковольтных асинхронных электродвигателей как мероприятие сохранения устойчивости режима узлов нагрузки является актуальной научно-технической задачей повышения надежности электроснабжения ответственных электроустановок при кратковременном понижении напряжения.

Ключевые слова: коэффициент загрузки, асинхронный электродвигатель, кратковременный перерыв электроснабжения, самозапуск, время самозапуска, выбег, скольжение.

INFLUENCE OF TECHNICAL PARAMETERS OF ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTORS ON SELF-START TIME

N.A. Valitov¹, R.U. Galeeva²

^{1,2}KSPEU, Kazan

¹alvalitov29@gmail.com, ²raisa_gal.52@mail.ru

The paper considers the influence of the technical parameters of asynchronous electric motors on their behavior during short-term interruptions of power supply. Self-starting of high-voltage asynchronous electric motors as an event to preserve the stability of the load nodes is an urgent scientific and technical task of increasing the reliability of power supply of critical electrical installations with a short-term voltage drop.

Keywords: load factor, asynchronous electric motor, short-term interruption of power supply, self-start, self-start time, run-out, slip.

Характер процесса самозапуска в значительной мере зависит от того, участвует в нем один или группа электродвигателей (ЭД), от состава ЭД, механизмов и их характеристик, от значения сопротивления внешней

сети между ЭД и источником питания, от значения напряжения источника питания, от времени перерыва питания. Все большее значение приобретают различной степени точности математические модели, позволяющие выполнить расчетным путем оценку поведения ЭД при перерыве электроснабжения и последующем его восстановлении.

В настоящее время в связи с вводом новых технологических процессов, в которых удельный расход электроэнергии на единицу выпускаемой продукции вырос значительно, повысились требования к надежности работы электроприводов, к условиям их самозапуска.

Основные требования к электродвигателям приведены в [1].

Доминирующими факторами, влияющими на время самозапуска являются технические параметры ЭД и механизма, количество самозапускаемых ЭД и параметры режима. [2]. Самозапуск может быть успешным или неуспешным в зависимости от остаточного напряжения секции шин к которым подключен ЭД. Успешным является лишь такой самозапуск, при котором ЭД достигают нормальной частоты вращения за время, допустимое по условиям сохранения устойчивости технологического процесса.

Согласно ПТЭЭС [3] время перерыва питания ответственных механизмов, которое определяется выдержками времени технологических и резервных электрических защит, не должно превышать 2,5 с. А время затухания переходного тока, который двигатели будут посылать к месту КЗ, примерно равно 0,3 с.[4]

Практическая задача расчета самозапуска двигателей состоит в том, чтобы не допустить их массового отключения и обеспечить бесперебойную работу электропотребителей.

Целью исследования является анализ влияния параметров электродвигателей на длительность самозапуска асинхронных ЭД с короткозамкнутым ротором.

При исследовании самозапуска был применен компьютерный алгоритм электромеханического переходного процесса, предложенный в [5].

Математическая модель АД представлена системой нелинейных алгебраических уравнений, выражающих параметры режима относительно неизвестных параметров схемы замещения. За исходные данные были приняты каталожные характеристики: номинальная активная мощность на валу АД P_n , кВт; номинальный коэффициент

мощности $\cos\varphi_n$; коэффициент полезного действия η_n ; скорость вращения АД в нормальном режиме n , об/мин; пусковой момент $M_{п*}$, о.е.; пусковой ток $I_{п*}$, о.е.; номинальный момент $M_{н*}$, о.е.; максимальный момент $M_{макс*}$, о.е.

Исследования показывали, что наибольший η достигается при нагрузке на 10–15 % меньше номинальной.

Фактический режим работы двигателей предполагает в силу стандартной дискретной шкалы мощностей, некоторую недогрузку по мощности. При нагрузке существенно ниже номинальной уменьшаются и их η , и коэффициент мощности.

Исследования показали, что наиболее доминирующими факторами являются: η , $\cos\varphi$ и частота вращения двигателя, при их изменении можно значительно сократить время самозапуска. Так же при увеличении активной мощности двигателя, время самозапуска уменьшается, в частности при увеличении мощности на 22% время самозапуска при схожих условиях уменьшилось на 3%. Наиболее влиятельным параметром, в нашем исследовании оказалась частота вращения, при увеличении количества полюсов двигателя мы добились 18% сокращения времени самозапуска.

Источники

1. ПУЭ. Электродвигатели и их коммутационные аппараты. Гл. 5.3.
2. Георгиади В.Х. Поведение энергоблоков ТЭС при перерывах электроснабжения собственных нужд. Часть 3. Москва, НТФ «Энергопрогресс», «Энергетик». 2003. – С. 88.
3. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации п.5.2.1-5.2.16.
4. Самозапуск электродвигателей. 2016. – *helpiks.org* – *Хелпикс. Орг.* <https://helpiks.org/7-69627.html>.
5. Галеева Р.У., Куксов С.В. Алгоритм моделирования самозапуска группы асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором. Проблемы энергетики. Известия ВУЗов. НТиП Журнал № (23)3. 2021 209 С. С181-194.

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

С.С. Вафин

Науч. рук. канд.техн.наук, доцент Т.И. Петров

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

salimkhanvafin@mail.ru

В данной работе рассмотрена возможность использования новых источников энергии. Собрана и запрограммирована модель, способная поворачиваться к источнику света под разным углом и заряжаться от направленного источника света.

Ключевые слова: солнечная панель, программирование, опытная установка, Arduino Nano.

THE POSSIBILITY OF USING NEW ENERGY SOURCES IN POWER SUPPLY SYSTEMS

S.S. Vafin

KSPEU, Kazan, Russia

salimkhanvafin@mail.ru

In this paper, the possibility of using new energy sources is considered. A model capable of turning to a light source at different angles and charging from a directional source has been assembled and programmed.

Keywords: solar panel, programming, pilot installation, Arduino Nano.

В настоящий момент энергетики и учёные стараются найти способы максимальной эффективности использования энергии, получаемой из всех источников. Именно поэтому необходимо разрабатывать такие технические решения, которые позволят максимально увеличить эффективность получения энергии при невысоких затратах.

На данную тему автором выполнен курсовой проект, направленный на создание прототипа миниэлектростанции, способной реагировать на положение источника света. Для того, чтобы прототип мог корректно работать его необходимо запрограммировать и понаблюдать за поведением механизма. Платформой для программирования выступил микроконтроллер Arduino Nano V3, написан код с помощью языка

программирования С с использованием компилятора Arduino IDE (Рис.1), позволяющий реагировать солнечной батарее на источник света, поворачиваясь фотоэлементом на направленное освещение.

```

9 #include <Servo.h>
10
11 Servo myservo1, myservo2;
12 int LDR1 = A0, LDR2 = A1, LDR3 = A2, LDR4 = A3;
13 int rRDL1 = 0, rRDL2 = 0, rRDL3 = 0, rRDL4 = 0;
14 int max1=0, max2=0, max3=0;
15 int ser1 = 88, ser2=0;
16
17 void Setup() {
18   myservo1.attach(9);
19   myservo2.attach(10);
20
21   Serial.begin(9600);
22   myservo1.write(ser1);
23   myservo2.write(180);
24 }
25
26 void loop() {
27   rRDL1 = analogRead(LDR1) / 100;
28   rRDL2 = analogRead(LDR2) / 100;
29   rRDL3 = analogRead(LDR3) / 100;
30   rRDL4 = analogRead(LDR4) / 100;
31
32   max1 = max(rRDL1, rRDL2);
33   max2 = max(rRDL3, rRDL4);
34   max3 = max(max1, max2);
35
36   //Serial.println(String(max3));
37   //Serial.println(String(rRDL1) +", "+String(rRDL2) +", "+String(rRDL3) +", "+String(rRDL4));
38
39   if(rRDL1>max3 || rRDL2>max3)
40   {
41     if(ser1<140)
42     {
43       ser1+=1;
44       myservo1.write(ser1);
45     }
46   }
47   if(rRDL3>max3 || rRDL4>max3)
48   {
49     if(ser1>0)
50     {
51       ser1-=1;
52       myservo1.write(ser1);
53     }
54   }
55   if(rRDL2>max3 || rRDL3>max3)
56   {
57     Serial.println("servo2 -" + String(ser2));
58     if(ser2<180)
59     {
60       ser2+=1;
61       myservo2.write(ser2);
62     }
63   }
64   if(rRDL1>max3 || rRDL4>max3)
65   {
66     Serial.println("servo2 +" + String(ser2));
67     if(ser2>0)
68     {
69       ser2-=1;
70       myservo2.write(ser2);
71     }
72   }
73   delay(15);
74 }

```

Рис.1. Код, поясняющий работу прототипа солнечной электростанции

Данный прототип имеет схожую черту с солнечной батареей Smartflower, такую как: слежение за положением солнца [1-2]. Стоит отметить, что данная функция применима в условиях умеренного и тропического климатов, т.к. там солнце активнее поворачивается на этих широтах. Следовательно, данная разработка имеет шансы на коммерциализацию.

Рассмотрим конструкцию динамической солнечной батареи подробнее (Рис.2):

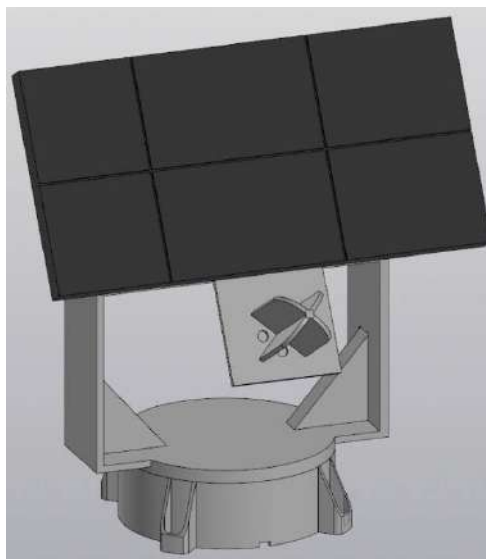


Рис.2. 3D-модель разрабатываемой динамической солнечной батареи

Прототип имеет подшипник, расположенный в цилиндре; механизм, отвечающий за наклон солнечной панели и наконечник, в который встроен датчик, реагирующий на свет [3].

Подводя итоги, можно сказать, что подобные отечественные разработки могут применяться в перспективных направлениях электроэнергетики. Данная разработка применима в качестве дополнительного источника питания на таких объектах, где необходимо непрерывно обеспечивать электроэнергией потребителя и световой день позволяет вырабатывать достаточное количество электроэнергии.

Источники

1. Дюсмитова, И. В. Альтернативные источники электроэнергии / И. В. Дюсмитова, Е. Е. Журина, А. А. Туралиев // Аграрные конференции. – 2018. – № 1(7). – С. 45-50. – EDN YVSDBJ.
2. Чиркова, Д. М. Возобновляемые источники энергии и безопасность / Д. М. Чиркова, Д. М. Валиуллина // 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
3. Иващенко, О. Н. Альтернативные источники электроэнергии / О. Н. Иващенко, Н. А. Клименко // Наука и современность. – 2011. – № 11. – С. 303-308. – EDN RTWEKH.

ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ НАРУЖНЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ ЖИЛОГО ДОМА

А.Т. Гарунов

Науч. рук. канд. физ-мат. наук, доцент. Н.В. Денисова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

asim.garun.2017@mail.ru

В статье обсуждаются дистанционное управление наружным освещением, предусматривается ручное и автоматическое включение наружного освещения. Освещение территории открытых автостоянок, детской и спортивной площадок дорог, тротуаров предусмотрены светодиодными светильниками. А также предусмотрены основные выгоды с экономической точки зрения.

Ключевые слова: наружное освещение, электропотребление, энергоэффективность.

OPTIMIZATION OF EXTERNAL LIGHTING CONTROL OF A RESIDENTIAL BUILDING

A.T. Harunov

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

asim.garun.2017@mail.ru

The article discusses the remote control of outdoor lighting, provides for manual and automatic switching on of outdoor lighting. Lighting of the territory of open parking lots, children's and sports grounds, roads, sidewalks is provided by LED lamps. It also provides the main benefits from an economic point of view.

Keywords: outdoor lighting, power consumption, energy efficiency.

Система освещения селитебной зоны должна быть достаточной, чтобы соответствовать эргономическим требованиям и необходимым требованиям, но она должна быть эффективно рассчитана [1].

Электроснабжение жилого дома предусматривается от новой двух трансформаторной подстанции ТП-630/6/0,4кВ, в которой установлены 2 трансформатора мощностью 630 кВА напряжением 6/0,4кВ. Установка и проектирование данной трансформаторной подстанции предусматривается АО «РСК».

Жилой дом относится к III категории в соответствии с СО-153-34.21.122-2003 и подлежит защите от прямых ударов молнии и заноса высокого потенциала.

Выбор сечения жил и числа кабелей КЛ-0,4 кВ выполнен исходя из расчетного значения мощности. Питающие кабельные линии 0,4кВ выполнены бронированным кабелем с алюминиевыми жилами марки АВББШвнг-LS. При выборе сделана проверка на расчетный ток с учетом необходимости снижения нагрузки на параллельно проложенные кабели, на потери напряжения на КЛ (не более 3 %), на термическую стойкость при 3-х фазном коротком замыкании и времени автоматического отключения питания не более 0,2 с.

Управление наружным освещением предусматривается от щита наружного освещения ЩНО, который поставляется в комплекте с реле времени и датчиков освещенности [2].

Освещение территории открытых автостоянок, детской и спортивной площадок дорог, тротуаров предусматривается:

- светодиодными светильниками типа Magnolia LED мощностью 55Вт, установленными на граненных конических опорах типа SAL-60Н высотой 6м, производства «Rosa».

Нормируемые уровни освещенности, качественные параметры осветительной установки приняты в соответствии с СП256-1325800.2016, СП52.13330.2016 и составляют не менее:

- открытые стоянки автомобилей – 6 Лк;
- детские площадки и места отдыха во дворах – 10 Лк;
- тротуары, отделенные от проезжей части улиц – 4Лк.

Установка граненной конической опоры SAL-60Н предусматривается при помощи закладного элемента.

Линии наружного освещения выполнены кабелем с алюминиевыми жилами:

- АВББШвнг-LS для питания светодиодными светильниками типа Magnolia LED, установленных на опорах SAL-60Н. Для прокладки внутри опоры используется кабель повышенной гибкости типа КГ.

Предусматривается ручное и автоматическое включение наружного освещения.

Автоматическое дистанционное управление наружным освещением осуществляется фотореле, которое установлено в ящике наружного освещения и получает сигнал с наружного фотодатчика.

Денисова. Н. В. - // статья в сборнике трудов конференции КГЭУ / Казань: -КГЭУ, 2022. – С. 182 - 185

2. Осветительные установки промышленных предприятий: учебн. пособие / Н.В. Денисова [и др.]. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2016. 206 с.

3. Проектирование осветительных установок: учебн. пособие / Р.Р. Гибадуллин [и др.]: Germany, LAP LAMBERT, 2019. – 216 с.

УДК 621.311

РАЦИОНАЛЬНОЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ.

Э.Э. Ибатуллин

Науч. рук. д-р техн. наук, доцент Е.И. Грачева

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

ibatullinedick@yandex.ru

В статье предложена методика рационализации электроснабжения на промышленных объектах средней мощности путем раздельного питания технологической нагрузки и потребителей с равномерным графиком нагрузки.

Ключевые слова: электропотребители, системы электроснабжения, технологическая нагрузка, раздельное питание, график нагрузки.

RATIONAL POWER SUPPLY TO CONSUMERS AT INDUSTRIAL FACILITIES OF MEDIUM CAPACITY

E.E. Ibatullin

KSPEU, Kazan, Russia

ibatullinedick@yandex.ru

The article proposes a methodology for the rationalization of power supply at industrial facilities of medium power by separate power supply of process loads and consumers with a uniform load schedule.

Keywords: electrical consumers, power supply systems, technological load, separate power supply, load schedule.

В наше время все большее внимание уделяется регулированию режимов потребления электроэнергии, в связи с резким повышением ее стоимости. Количество электроприемников на промышленных объектах неуклонно растет, и с каждым годом усиливаются требования к качеству электроснабжения. Это обусловило необходимость рационализации электроснабжения на промышленных объектах, особенно в условиях односменной работы или сокращенной рабочей недели.

Регулированию режимов потребления электроэнергии на промышленных объектах уделяется все большее внимание. Это связано с постоянным увеличением числа электроприемников и растущими требованиями к качеству электроснабжения. В условиях односменной работы или сокращенной рабочей недели становится крайне важным иметь возможность отключения неработающего оборудования и части силовых трансформаторов цеховых подстанций в нерабочее время, чтобы избежать дополнительных потерь электроэнергии.

Исходя из проведенного анализа схем электроснабжения потребителей, их можно разделить на две группы: потребители с неравномерным графиком нагрузки и потребители с равномерным графиком нагрузки. Технологическая нагрузка относится ко всем потребителям, связанным с технологическим процессом. Вторая группа подразделяется на круглосуточную нагрузку (потребители, работающие круглосуточно и не участвующие в основном технологическом процессе) и некруглосуточную нагрузку (потребители, работающие не круглые сутки и не участвующие в технологическом процессе). [2]

Проведенный анализ схем электроснабжения потребителей показал, что их можно разделить на две крупные группы: потребители с неравномерным графиком нагрузки и потребители с равномерным графиком нагрузки. Технологическая нагрузка относится ко всем потребителям, связанным с технологическим процессом. Потребители с равномерным графиком нагрузки расходуют от 23 до 30% от общей доли электроэнергии на промышленных объектах. Если рассматривать эту задачу на уровне цехов, результаты немного различаются. В таблице 1 приведена информация о доле электропотребления отдельных потребителей с равномерным графиком нагрузки от общего потребления электроэнергии в цехе. [1]

Таблица 1

Доля электропотребления отдельными потребителями с равномерным графиком нагрузки от общего электропотребления цеха

Промышленный объект	Цех	% потребит. с равн. граф. U от общего U цеха	% освещения от общего U цеха
Завод производства полиэтилена	Цех пиролиза	30	7
Авиастроительный завод	Токарный участок	9	10
Автомобильный завод	Сварочный участок	17	15
Консервный завод	Упаковочный участок	21	8
Завод химического машиностроения	Кислородная станция	50	6

Потребители с равномерным графиком нагрузки в цехах могут различаться в зависимости от их вида производства и назначения. Осветительная нагрузка по цехам и промышленным объектам в целом составляет около 10-15%. В связи с этим возникают дополнительные требования к системе электроснабжения промышленных объектов: 1) наличие отдельного питания для потребителей, которые работают круглосуточно, с индивидуальным учетом ЭЭ; 2) наличие отдельного питания для потребителей, которые работают круглосуточно, при этом питание ряда потребителей должно осуществляться по первой категории надежности с высоким качеством электроэнергии; 3) наличие отдельного питания для нагрузок, работающих в технологических сменах с возможностью учета энергии по отдельным технологическим цехам. [3]

Для отдельного электроснабжения технологической нагрузки и потребителей с равномерным графиком нагрузки можно использовать два варианта схем: с радиальными или магистральными линиями. Первый вариант предполагает раздельное питание технологической нагрузки и потребителей с равномерным графиком нагрузки от трансформаторов, расположенных в цехе. Второй вариант - раздельное питание технологической нагрузки от потребителей с равномерным графиком нагрузки, при этом питание последних осуществляется от трансформаторов,

установленных на ГПП. Согласно рекомендациям ПУЭ, предпочтительнее использовать совместное питание. Мы сравнили этот вариант с раздельным питанием потребителей с равномерным графиком нагрузки и технологической нагрузки, и результаты этого сравнения представлены в таблице 2.

Таблица 2

Достоинства и недостатки схем питания

Достоинства	Недостатки
Совместное питание	
1. При равных электрических нагрузках уменьшается количество необходимых трансформаторов, вследствие чего снижаются затраты на строительство подстанций 2. Нет частых включений и отключений трансформаторов 3. Упрощается электрическая схема электроснабжения и удешевляются строительные и электромонтажные работы	1. Дополнительные потери ЭЭ в нерабочее время 2. На осветительных приборах имеет место ухудшения качества ЭЭ за счет влияния технологической нагрузки. 3. Показатели надежности ухудшаются, так как при выходе из строя цехового трансформатора обесточивается не только силовая нагрузка, но и освещение, вентиляция, сигнализация и т.д
Раздельное питание	
1. Отсутствуют дополнительные потери ЭЭ в СЭС в нерабочее время 2. Имеет место хорошее качество ЭЭ для питания осветительных приборов и другой аналогичной нагрузки	1. Увеличивается число трансформаторов и определенным образом усложняется СЭС. 2. Значительно увеличивается число включений и отключений силовых трансформаторов.

Для определения наиболее надежной и экономически выгодной системы электроснабжения необходимо проводить сравнительный анализ с учетом надежности электроснабжения и технико-экономических показателей рассматриваемых схем. При учете сменности работы промышленных объектов и разделении потребителей на группы в зависимости от их режима работы, а также при стремлении экономить электроэнергию, необходимо провести серьезную модернизацию схем систем электроснабжения промышленных объектов средней мощности и пересмотреть их при проектировании новых объектов.

Источники

1. Грачева Е.И., Наумов О.В. Исследование методов расчета электрических нагрузок цеховых систем промышленного электроснабжения // Электроэнергия. Передача и распределение. 2019. № 1 (52). С. 54-59.

2. Грачева Е.И., Садыков Р.Р. Оптимизация проектирования систем электроснабжения с учетом возможных ситуаций и вероятностных параметров надежности // Вести высших учебных заведений Черноземья. 2017. №2(58). С. 22-26

3. Зацепина В.И. Математическое описание функционирования систем электроснабжения промышленных производств // Вести высших учебных заведений Черноземья. 2018. №4(54). С. 50-58.

УДК 621.31

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

И.И. Ившин

Науч. рук. О.В. Владимиров

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

gruppirovki@list.ru

В этой статье мы постараемся проанализировать проблемы контактных соединений в низковольтном электрооборудовании, с которыми может столкнуться каждый электрик при работе с оборудованием, основные требования, предъявляемые к низковольтному электрооборудованию, а также те методики, которые нужно использовать для достижения более качественного результата.

Ключевые слова: перегрев, контактные соединения, электрооборудование, энергетика, термо-наклейки, пожар, тепловизор.

ANALYSIS OF MODERN TEMPERATURE CONTROL SYSTEMS OF CONTACT CONNECTIONS

I.I.Ivshin

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

gruppirovki@list.ru

In this article, the problems of contact connections in low-voltage electrical equipment are evaluated that every electrician may encounter when working with the equipment, basic requirements for low-voltage electrical equipment, as well as those methods that are necessary to achieve a better result.

Keywords: overheating, contact connections, electrical equipment, energy, thermal stickers, fire, thermal imager.

В 2017 году в результате пожаров в Российской Федерации погибло примерно 8 тыс. человек, 8 тыс. человек получили ранения. Прямой материальный ущерб от пожаров составил 13,4 млрд [1]. Из-за нарушений правил монтажа и неисправностей электрооборудования в год происходит в среднем 50 000 пожаров, что составляет 7 миллиардов официальных убытков. В электросетевом хозяйстве 72 % аварий происходит из-за неисправности контактных соединений.

Немаловажно и то, что современная энергетика ориентирована на развитие цифровой сети. Одной из задач цифровых сетей является внедрение в электрохозяйство оборудования, оснащенного системами автоматического контроля технического состояния, дистанционного обнаружения дефектов электрооборудования [4].

Контрольный мониторинг (FOCUS-F) тепловизионное реле защиты. Предназначено для обнаружения перегрева оборудования. Из недостатков: высокая стоимость, необходимо достаточно много пространства для охвата инфракрасного излучения мест перегрева. Прибор повысит наблюдаемость подверженных перегреву элементов как электроэнергетической инфраструктуры, так и любой другой сферы [2].

FOCUS-ULTRA комплект защиты токоведущих частей от перегрева, устанавливаемые прямо в шины, чем тем самым повреждая их механическим путем, необходимость в огромном количестве датчиков, что влечет за собой большие затраты. Может быть интегрирована в систему АСУ с помощью интерфейса RS-485 [7].

При нагреве любой объект выделяет свет в инфракрасном диапазоне, поэтому при помощи тепловизора (стационарного или переносного) можно производить тепловизионный контроль электрооборудования и обследование любой электроустановки даже с напряжением выше 1000 Вольт, без опасного прикосновения к токоведущим частям. Из недостатков: дорогостоящее оборудование и нет возможности постоянного мониторинга оборудования [3].

Термоиндикаторные наклейки. Система обнаружения перегрева при помощи наклеек (обнаружение перегрева осуществляется визуально при

осмотрах электрохозяйства). Индикаторные термонаклейки позволяют проверять качество монтажных работ. В отличие от тепловизионного осмотра наклейки фиксируют тепло при максимальных нагрузках, достижении определенной температуры срабатывания, а не в момент осмотра электрооборудования [5].

Установка системы позволяет проверить качество существующих электрических сетей, качество ремонта и применяемого электрооборудования. Наклейки не требуют питания, не подвержены электромагнитному воздействию, не поддерживают горение, не проводят электричество [6]. Пример срабатывания наклейки: на наклейке есть белые полосы или точки, которые в момент наклейки должны соприкоснуться с кабелем в месте соединения контакта с машиной, а после перегрева контакта эти черные полосы или точки начинают чернеть навсегда. Это позволяет нам визуально зафиксировать проблему в контактном соединении и принять меры для ее решения.

Сравнив способы контроля против перегрева контактных соединений электрооборудования приходим к выводу, что Термоиндикаторные наклейки самый оптимальная и не дорогостоящая система обнаружения перегрева.

Источники

1. Основы государственной политики РФ в области пожарной безопасности на период до 2030 года / Утверждены Указом Президента Российской Федерации от 1 января 2018 г. N 2. 14 с.

2. Руководство по эксплуатации FOCUS-F [Электронный ресурс]. <https://thermosensor.info/wp-content/uploads/2022/06/FOCUS-F.pdf> (дата обращения: 01.03.22).

3 Контроль нагрева контактных соединений [Электронный ресурс]. <https://bestcom55.com/kontrol-nagreva-kontaktnyh-soedineniy/?ysclid=lepozilpwv951767767> (дата обращения: 01.03.22).

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. The Basics of Electrical Overheating [Электронный ресурс]. <https://www.ecmweb.com/maintenance-repair-operations/article/20890352/the-basics-of-electrical-overheating> (дата обращения: 04.11.22).

6. Bella H., Chudnovsky N. Transmission, Distribution, and Renewable Energy // Generation Power Equipment. 2017. P. 36.

7. FOCUS-ULTRA [Электронный ресурс].
<https://thermosensor.info/wp-content/uploads/2022/06/РЭ-FOCUS-ULTRA.pdf> (дата обращения 02.03.2023).

УДК 621.311.61

ТОПОЛОГИИ ИБП И ОСОБЕННОСТИ СХЕМ ИХ РАБОТЫ

П.П. Ившина¹, А.Н. Цветков²
^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
¹muhanova-polina@mail.ru, ²tsvetkov9@mail.ru

В статье рассматриваются источники бесперебойного питания (ИБП), их типы, сравниваются основные характеристики данных систем, описан их принцип действия. Для наглядности предложены схемы рассматриваемых систем ИБП.

Ключевые слова: источник бесперебойного питания (ИБП), статические и динамические характеристики ИБП, топологии ИБП, зарядное устройство, аккумуляторная батарея, выпрямитель, инвертор.

UPS TOPOLOGIES AND FEATURES OF THEIR WORK SCHEMES

P.P. Ivshina¹, A.N. Tsvetkov²
^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia
¹muhanova-polina@mail.ru, ²tsvetkov9@mail.ru

The article discusses sources of uninterruptible power supply (UPS), their types, compare the main characteristics of these systems, describes their principle of action. For clarity, the schemes of the UPS systems under consideration are proposed.

Keywords: uninterruptible power supply (UPS), static and dynamic characteristics of the UPS, UPS topology, battery charger, battery, rectifier, inverter.

Источники бесперебойного питания (ИБП) обеспечивают чистое, соответствующее стандартам и непрерывное питание для чувствительных нагрузок, таких как компьютеры авиакомпаний, центры обработки данных, системы связи и системы медицинской поддержки в больницах и т. Д. [3].

В широком смысле ИБП можно классифицировать как статическую систему бесперебойного питания и динамическую систему

бесперебойного питания. В статической системе ИБП поддержание выходного напряжения при отсутствии сети обеспечивается энергией аккумуляторной батареи. В динамических системах бесперебойного питания используется кинетическая энергия вращающегося маховика, которая может достигать нескольких миллионов джоулей [3].

В зависимости от топологической конфигурации система ИБП классифицируется как ИБП резервного типа (Offline UPS), ИБП линейно-интерактивного типа (Line Interactive UPS system) и ИБП с двойным преобразованием энергии (Online UPS) [1]. В данной статье рассмотрим топологию ИБП, относящуюся к статической системе бесперебойного питания, о которой речь шла выше.

ИБП резервного типа состоит из зарядного устройства, статического переключателя и инвертора, как показано на рисунке 1.

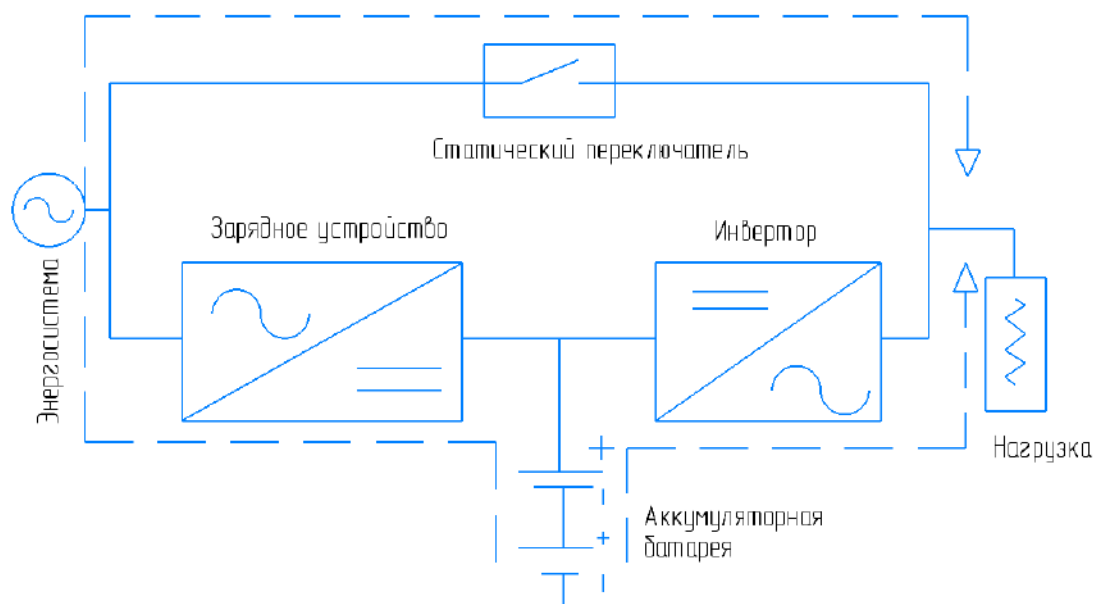


Рис. 1. Блок-схема ИБП резервного типа

При работе в нормальном режиме зарядное устройство заряжает аккумуляторную батарею, и в то же время нагрузка питается от сети переменного тока. В этом режиме инвертор находится в режиме ожидания. Когда происходит сбой питания, статический переключатель подключает нагрузку к инвертору, и питание подается от батареи через инвертор. Время переключения статического переключателя обычно составляет менее 10 мс. Преимущества автономного ИБП заключаются в низкой стоимости, простоте конструкции и компактных размерах системы. К недостаткам относятся несинусоидальное выходное

напряжение в автономном режиме, возможность возникновения нежелательных переходных процессов выходного напряжения при переключениях с сети на инвертор и наоборот, небольшой диапазон мощностей [2].

ИБП линейно-интерактивного типа состоит из статического переключателя, двунаправленного преобразователя/инвертора и блока батарей, как показано на рисунке 2. Двунаправленный преобразователь/инвертор подключает батарею к нагрузке. В нормальном режиме работы основная линия переменного тока подает питание на нагрузку, а двунаправленный преобразователь/инвертор заряжает батарею. Во время сбоя в сети статический переключатель отключает нагрузку от основного источника питания, а двунаправленный преобразователь/инвертор подает питание на нагрузку. Достоинствами ИБП линейно-интерактивного типа являются синусоидальная форма выходного напряжения в автономном режиме, дешевизна. Недостатки ИБП линейно-интерактивного ровно такие же, как и у резервных ИБП [2].

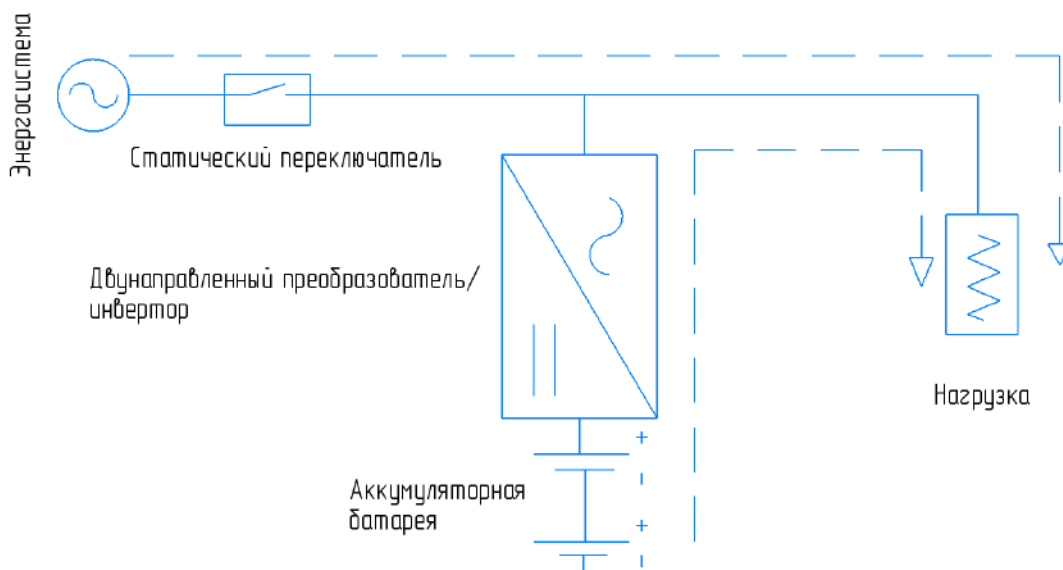


Рис. 2. Блок-схема ИБП линейно-интерактивного типа

ИБП с двойным преобразованием энергии состоит из выпрямителя, инвертора и статического переключателя, как показано на рисунке 3. В нормальном режиме работы выпрямитель заряжает аккумуляторную батарею, а также поддерживает постоянное напряжение в звене постоянного тока. В то время как инвертор преобразует напряжение звена постоянного тока в необходимое переменное напряжение для питания нагрузки. При сбое питания магнитный контактор отключает линию

переменного тока, но инвертор продолжает без перерыва подавать питание на нагрузку от аккумуляторной батареи. При этом инвертор продолжает работать в обоих режимах [2].

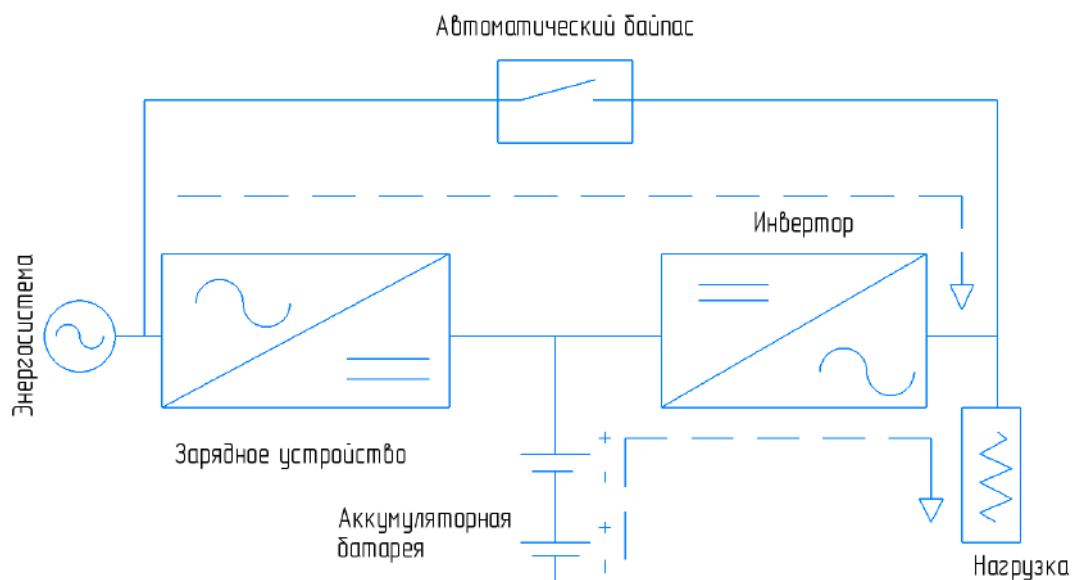


Рис. 3. Блок-схема ИБП с двойным преобразованием энергии

К преимуществам ИБП с двойным преобразованием относятся обеспечение высокой точности стабилизации синусоидального выходного напряжения в сетевом и автономном режимах, повышение надежности системы по обеспечению бесперебойного питания нагрузки [2].

Таким образом, в этой статье был представлен обзор систем ИБП для объяснения различных конфигураций, стратегий управления и сравнения важных топологий [1].

Источники

1. Климов В.П., Портнов А.А., Зуенко В.В. Топологии источников бесперебойного питания переменного тока (ИБП)//Электронные компоненты, №7, 2003.
2. UPS topologies and standards, MGE UPS Systems, MGE 0248 UK1-11/99.
3. Лопухин А. А. Источники бесперебойного питания без секретов //М.: А и Т Системы. – 2002.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НИЗКОВОЛЬТНОЙ УСТАНОВКИ ПОСТОЯННОГО ТОКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИЭ

Ю. Р. Кадырмятов

Науч. рук. канд. физ. – мат. наук, доцент Н.В. Денисова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

yulian.02@bk.ru

В данном исследовании произведена оценка использования солнечной энергии в качестве единственного источника энергии для электроснабжения жилого дома. Все потребители электроэнергии запитаны напряжением не выше 50В, что предотвращает дополнительные потери электроэнергии на её преобразование.

Ключевые слова: солнечная энергия, ВИЭ, постоянный ток, оптимизация.

SIMULATION OF A LOW-VOLTAGE DC INSTALLATION USING RES

Y. R. Kadyrmyatov

KSPEU, Kazan, Russia

yulian.02@bk.ru

In this study, the use of solar energy as the only source of energy for the electricity supply of a residential building was evaluated. All electricity consumers are powered with a voltage not higher than 50V, which prevents additional losses of electricity for its conversion.

Keywords: solar energy, RES, direct current, optimization.

В наше время во всём мире, особенно в странах Африки и Южной Азии, достаточно много жилых помещений, не подключённых к электросети. Также из-за природных катаклизмов, подобных недавним землетрясениям в Турции, может прерваться электроснабжение домов. Ещё бывают ситуации, когда необходимо электрифицировать постройку, эксплуатируемую в неблагоприятных условиях, при которых нельзя использовать напряжение выше 50В. Во всех данных ситуациях может помочь солнечная нано система постоянного тока. В данной статье будут произведена оценка стоимости и эффективности предложенной модели.

Большинство электроприборов, используемых человеком в повседневной жизни, могут питаться от источника постоянного тока, более того такие электроприборы будут более экономичны и эффективны, так как не будет потерь на преобразование переменного тока в постоянный. Использование энергии солнца, как источника постоянного тока, позволяет экономить природные ресурсы, особенно в районах, в которых солнце большую часть года освещает поверхность земли. Существенным недостатком системы, питающейся от солнечных батарей, является нестабильность выдаваемой мощности, что приводит к периодическим изменениям напряжений на шине. Частично решить данную проблему позволяет отслеживание точки максимальной мощности (MPPT). Также для более комфортного использования солнечной энергии, вся вырабатываемая ими мощность будет накапливаться в аккумуляторах, от которых будет брать электроэнергию потребитель[1]. Рассмотрим подробнее систему электроснабжения жилых зданий от солнечной нано системы постоянного тока.

Рассмотрим идеальное домохозяйство, в котором используется разнообразная нагрузка.

Наименование нагрузок и их характеристики

Нагрузки	Напряжение, В.	Мощность, Вт.	Количество	Время работы, ч./д.
Светодиодная лампа	24	10	4	6
Телефон	6	30	3	1
Холодильник	24	400	1	24
Электроплита	24	2500	1	4
Ноутбук	20	120	1	6

Расчёт потребления энергии одного домохозяйства производится по формуле: $E = \sum_{k=1}^n \frac{A_k * P_k * B_k}{1000}$, где k – индекс нагрузки каждого типа, A_k – время работы k – той нагрузки, P_k – номинальная мощность нагрузки, B_k – количество устройств [2].

$E = 20$ кВт – потребление электроэнергии домохозяйством за сутки.

Батареи подбираются таким образом, чтобы обеспечить общую потребляемую мощность без разряда более чем на 70%. Необходимое количество аккумуляторов, необходимых для системы вычисляется по

формуле: $N = \frac{E * n_d}{U_b * AH * DOD * \eta}$, где n_d – количество дней без резервного питания, U_b – номинальное напряжение батарей, AH – ёмкость в А*ч, DOD – глубина разряда[3].

$N = \frac{20000 * 1}{45 * 100 * 0.7 * 0.9} = 8$. Понадобится 8 аккумуляторов емкостью 100 А*ч и напряжением 24 В.

При средней освещённости 500 Вт/м² в течении 8 часов, необходимое количество фотоэлектрических панелей рассчитывается по формуле: $N_{пан} = \frac{E}{T * P}$, где T – среднее количество солнечных часов в сутках, P – мощность одной фотоэлектрической панели.

$N_{пан} = \frac{20000}{8 * 225} = 12$. Понадобится 12 солнечных панелей номинальной мощностью 450 Вт при освещённости 1000 Вт/м²[4].

Произведём анализ затрат. Один аккумулятор стоит в среднем 17000 руб. с официальным сроком службы до 10 лет. Солнечная панель, с параметрами приведёнными в расчёте, стоит 26000 руб. со сроком службы до 30 лет. Учитывая все составляющие общая стоимость всей установки обойдётся в среднем в 500000 руб.

Источники

1. Лукутин, Б. В. Оптимизация энергетических балансов фотоэлектрической станции с электрохимическим и тепловым аккумулированием солнечной энергии / Б. В. Лукутин, А. М. Каррар Хамид // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2022. – Т. 24, № 2. – С. 3-13. – DOI 10.30724/1998-9903-2022-24-2-3-13. – EDN QBWOEW.
2. Булатов, Ю. Н. Методика настройки прогностических регуляторов установок распределенной генерации / Ю. Н. Булатов, А. В. Крюков, В. Х. Нгуен // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2016. – № 11-12. – С. 84-95. – EDN YKSLFL.
3. Мельников В.Д., Нестеренко Г.Б., Лебедев Д.Е., Мокроусова Ю.В., Удовиченко А.В. Проблемы, перспективы применения и методика расчета нормированной стоимости накопления электрической энергии // Вестник КГЭУ. 2019. №4 (44). С. 30-36.
4. Николаев Ю.Е., Осипов В.Н., Игнатов В.Ю. Методика расчета энергетических показателей автономного энергокомплекса, включающего ГТУ, ВЭУ и аккумуляторы электрической энергии // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2020. №22(3). С. 36-43.

ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЙ: ТИПИЧНЫЕ ОШИБКИ ПРИ ЭЛЕКТРОМОНТАЖЕ

М.Л. Лутфуллин

Науч. рук. старший преподаватель Ш.Р.Хасанов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

mansurlur@yandex.ru

В статье разобраны основные ошибки, которые допускают мастера при электромонтаже проводки в жилых помещениях. Проанализированы соответствующие ГОСТы и СНиПы, регламентирующие данные виды работ. Представлены возможные последствия некачественного монтажа, даны рекомендации для безопасной работы.

Ключевые слова: энергоснабжение, электромонтаж, электропроводка, заземление, соединения контактов, замены проводов и кабелей

POWER SUPPLY OF BUILDINGS: TYPICAL MISTAKES OF ELECTRICAL INSTALLATION

M.L.Lutfullin

KSPEU, Kazan, Russia

mansurlur@yandex.ru

The article analyzes the main mistakes made by craftsmen when wiring in residential buildings. Were analyzed the relevant GOSTs and SNIPs regulating data on the types of work. Were given possible consequences of poor-quality installation and recommendations for use in work.

Key words: power supply, wiring, consumption, connections, wire replacement.

Надежность работы электрооборудования зависит от его текущего технического состояния [1], а также от его правильного монтажа. Понятие электромонтажа четко определено в документах, регламентирующих порядки и правила его выполнения. Электромонтаж – это понятие, включающие в себя все виды работ, начиная от создания проекта до фактической монтажа проводки. Задачей электромонтажа является подключение заказчика (потребителя) к источнику электроэнергии. Выполнять работы имеют право квалифицированные

работники с соответствующими допусками и специализированными инструментами, отвечающие требованиям. Часто стремясь сэкономить средства и получить результат в сжатые сроки, заказчики прибегают к помощи разных людей, начиная от электриков “на час” и заканчивая попытками самостоятельного выполнения работы. Не все заказчики уделяют достаточно внимания электромонтажу, так как ошибки в нём проявляются не сразу, но могут нанести большой ущерб в дальнейшем. Актуальность заключается в анализе ряда распространенных ошибок при работе с электричеством как возможности обезопасить людей в случае самостоятельного электромонтажа у себя в квартире или загородном доме. Научная новизна состоит в том, что уточнены и дополнены практические рекомендации стратегии обеспечения безопасности электрических соединений.

1. Корректность контактного электрического соединения. ГОСТ 10434-82 классифицирует виды соединений, в нем представлены общие технические требования [2]. Распространяется на разборные и неразборные контактные соединения проводников с выводами электрических устройств, а также на соединения проводников между собой на токи от 2.5А. *Самым популярным способом* является скрутка проводов для их соединения, и дальнейшие их покрытие клеей лентой для изоляции. Такой вид соединения категорически запрещен (согласно пункту 2.1.21. Правил устройства электроустановок (далее ПУЭ)) [3]. Главной причиной недопустимости такого соединения является понятие повышенной сопротивляемости проводников. Контакты соприкасаются частично, что приводит к увеличению сопротивления. Вдобавок незаполненные промежутки подвергаются окислению. Дальнейшее использование такого соединения приведет к нагреву места соединения, истощению изоляционного слоя, появлению искры, приводящей к возникновению пожара. *Рекомендуемыми способами соединения* являются сварка, опрессовка, пайка, болтовые или винтовые соединения. Для сварки и пайки требуются дополнительное оборудование и знания. Болтовые соединения опасны при чрезмерно сильном сжатии, что часто случается в реальных условиях. Опрессовка происходит практически автоматически и создает дальнейшие удобства при использовании. Этапы опрессовки: зачистка провода от изоляции, подборка наконечника соответствующего размера, обжим наконечника вместе с проводом, изоляция места соединения термоусадкой. Важным является соответствие размеров наконечника и провода, а также свойства наконечников в

случае соединения проводов из разных металлов. Плюсом опрессовки является возможность выбора формы наконечника, что облегчает монтаж.

2. Обеспечение последующей быстрой и простой замены проводки. В новых квартирах для достижения эстетичности мастерам приходится отказываться от принятых стандартов и заниматься «самодеятельностью», чтобы угодить заказчику. Хотя в требованиях ПУЭ сказано, что при прокладке проводов и кабелей в трубах, глухих коробах, гибких металлических рукавах и замкнутых каналах должна быть обеспечена возможность замены проводов и кабелей. Однако часто возникают ситуации, когда при обрыве провода и обнаружения места обрыва (при помощи кабель трекера), для его замены необходимо разобрать целую стену. Для решения этой проблемы существуют специальные трубки, в которых прокладываются кабели. Их игнорируют и не используют, так как существует мнение, что они предназначены для дополнительной изоляции кабеля. На самом деле при наличии такой достаточно толстой трубы появляется возможность вытащить кабель в ближайшую распаечную коробку, провести работу и также затянуть обратно.

3. Отсутствие устройства защитного отключения (далее УЗО). УЗО защищает человека от поражения током, а автомат защищает линию от короткого замыкания. Действительно, по правилам ПУЭ достаточно наличие одного входного УЗО, дополнительная его установка рекомендуется на линии со штепсельными розетками. Установка УЗО является достаточно простым процессом, но может защитить вашу жизнь. Установка УЗО рекомендуется на все группы приборов. Частой ошибкой в ходе установки различных элементов является плохое затягивание клемм. В случае слишком сильного затягивания клеммы происходит повреждение жилы и сокращение ее сечения. При слабой затяжки допускается самопроизвольное отключение контактов, что может привести к выходу из строя приборов. Проблема решается приобретением динамометрического ключа, для его корректного применения вся информация о моменте затяжки находится на самом элементе (для автоматов это обычно от 2 до 3 Н*м). С помощью ключа можно выполнять проверку выполненной работы.

В заключение еще раз хочется отметить, что выполнять работы по электромонтажу могут только квалифицированные работники, но при необходимости всегда следует в первую очередь заботиться о безопасности, а данные в работе советы помогут вам при приеме работ.

Источники

1. Низамиев М.Ф., Ившин И.В. Контроль технического состояния электротехнического оборудования // Сб. научн. ст. III Междунар. конгресса : в 2 т.. Курск, 2020. С. 297-300.

2. ПУЭ Правила установок электроустройств. Электронный ресурс. URL: [en-res.ru>wp-content/uploads/2020/02/pue.pdf](http://en-res.ru/wp-content/uploads/2020/02/pue.pdf) (дата обращения 02.02.23)

3. ГОСТ 10434-82 Электронный ресурс. URL: [internet-law.ru>gosts/gost/900/](http://internet-law.ru/gosts/gost/900/) (дата обращения 02.02.23)

УДК 621.313.323

ВЫБОР МЕТОДА ОПТИМИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИИ РОТОРА СИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С ПОСТОЯННЫМИ МАГНИТАМИ

А.А. Майоров

Науч. рук. док. техн. наук, доцент А.Р. Сафин

ФГБОУ «КГЭУ», г. Казань

ЗАО НИЦ «Инкомсистем», г. Казань, Россия

mayorov19977@mail.ru

В статье рассматриваются различные методы оптимизации конструкции ротора синхронного электродвигателя с постоянными магнитами. Путем сравнения выбирается наиболее эффективный метод оптимизации конструкции ротора синхронного электродвигателя с постоянными магнитами. С помощью выбранного метода произведен процесс оптимизации конструкции ротора синхронного электродвигателя с постоянными магнитами. В статье приведен общий вид оптимизированного ротора синхронного электродвигателя с постоянными магнитами из феррита.

Ключевые слова: электродвигателя с постоянными магнитами, топологическая оптимизация, оптимизация ротора, ферритовые магниты.

SELECTION OF THE METHOD FOR OPTIMIZING THE ROTOR DESIGN OF A SYNCHRONOUS ELECTRIC MOTOR WITH PERMANENT MAGNETS

A.A. Mayorov

KSPEU, Kazan

CJSC NRC "Inkomsystem", Kazan, Russia

mayorov19977@mail.ru

The article discusses various methods for optimizing the design of the rotor of a synchronous electric motor with permanent magnets. By comparison, the most effective method for optimizing the design of the rotor of a synchronous electric motor with permanent magnets is selected. With the help of the chosen method, the process of optimizing the design of the rotor of a synchronous electric motor with permanent magnets was carried out. The article presents a general view of the optimized rotor of a synchronous electric motor with permanent magnets made of ferrite.

Keywords: electric motor with solar magnets, topological optimization, rotor optimization, ferrite magnets

В современном мире человечество стремится минимизировать выбросы парниковых газов от автомобилей. Именно поэтому сейчас автопроизводители занялись вопросом производства электромобилей. В своих электромобилях производители в основном применяют синхронные электродвигатели с постоянными магнитами (СЭПМ). В основном СЭПМ применяются магниты из редкоземельных элементов, например неодима (NdFeB). Китай является монополистом в сфере производства и поставки постоянных магнитов из редкоземельных элементов. Сейчас многие производители электромобилей, электродвигателей рассматривают возможность замены постоянных магнитов из неодима, на постоянные магниты из других материалов, например из феррита. Такая замена позволит снизить стоимость электродвигателя, следовательно и электромобиля, и позволит избежать зависимости от иностранных производителей, так как производство ферритовых магнитов проще чем производство неодимовых магнитов [1].

Для получения наиболее эффективной конструкции ротора СЭПМ в настоящее время применяются следующие методы оптимизации:

1) Метод ON-OFF. Минус данного метода является то, что при оптимизации есть возможность получения конструкции неправильной формы, которую будет очень трудно изготовить.

2) Метод BESO. Главным недостатком этого метода является то, что материал, удаленный на ранних итерациях, может быть полезен на следующих итерациях, но данный метод не позволяет восстановить удаленный материал.

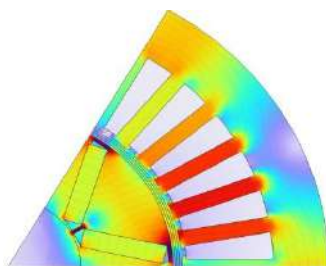
3) Параметрический метод. Главным недостатком такого метода является то, что данный метод сильно зависит от опыта проектировщика.

4) Топологическая оптимизация. Недостатком данного метода является то, что оптимизированная геометрия может иметь не правильную форму, которую трудно изготовить [2].

Наиболее эффективными методами оптимизации конструкции ротора СЭПМ является:

- 1) топологии оптимизации. Данный метод наиболее эффективен в тех случаях, когда необходимо спроектировать новый электродвигатель;
- 2) параметрический метод. Данный метод наиболее эффективен в тех случаях, когда необходимо спроектировать только часть электродвигателя, например ротор [3].

В нашем случае необходимо заменить ротор в существующем электродвигателе, для этого используем параметрический метод. При использовании параметрического метода будет изменяться геометрические размеры магнитов (длина, ширина и высота магнитов), угол расположения магнитов относительно друг друга. Для оптимизации конструкции ротора необходимо применить программное обеспечение COMSOL Multiphysics [4]. На рисунке представлен общий вид электродвигателя после параметрической оптимизации.



Результаты параметрической оптимизации в программном обеспечении COMSOL Multiphysics.

В ходе параметрической оптимизации конструкции ротора СЭПМ с ферритовыми магнитами получены следующие результаты:

- 1) По сравнению с СЭ с неодимовыми магнитами магнитное поле СЭ с ферритовыми магнитами ниже на 2-5%;
- 2) Так же по сравнению с СЭ с неодимовыми магнитами момент СЭ с ферритовыми магнитами ниже на 5-10 %.

Источники

1. Куневич А.В., Подольский А.В., Сидоров И.Н. Ферриты, энциклопедический справочник. В 5 томах, том 1, магниты и магнитные системы // Санкт-Петербург: ЛИК, 2004. 361 с.
2. Башин К.А., Торсунов Р.А., Семенов С.В. Методы топологической оптимизации конструкций, применяющиеся в аэрокосмической отрасли // Вестник Пермского национального

исследовательского политехнического университета. Аэрокосмическая техника. 2017. №51. с. 51-61.

3. Шевцова В.С., Шевцова М.С. Сравнительный анализ метод оптимизации топологии (SIMP и Level Set) на примере реконструкции крыла стрекозы // Вестник южного научного центра. 2013. Т. 9. № 1. с. 8-16.

4. Ситников М.А., Галунин С.А., Белыхсен Ануар. Оптимизация топологии ротора высокосортной синхронной реактивной машины // Развивая энергетическую повестку будущего; 10-11 декабря 2021 г., Сакнт-Петербург. с. 142-146.

УДК 621.316

ТЕХНОЛОГИИ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

А. И. Муллағалиев¹, Р. И. Рамазанова²

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент З.М. Шакурова

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹mullagaliev960@gmail.com, ²reginaramazanova2777@gmail.com

В данной статье изучена система автоматизации и диспетчеризации электроснабжения, рассмотрены преимущества и недостатки использования данных систем, а также ряд выполняемых функций.

Ключевые слова: контроль, система автоматизации, электроснабжение, база данных, информация.

TECHNOLOGIES OF DISPATCHING AND AUTOMATION OF POWER SUPPLY OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

A.I. Mullagaliev¹, R. I. Ramazanova²

^{1,2} KSPEU, Kazan, Russia

¹mullagaliev960@gmail.com, ²reginaramazanova2777@gmail.com

In this article, the automation and dispatching system of power supply is studied, the advantages and disadvantages of using these systems are considered, as well as a number of functions performed.

Keywords: control, automation system, power supply, database, information.

С быстрым развитием науки и техники в наше время уровень жизни людей постоянно повышается, спрос на электроэнергию продолжает расти. Всем известно, что традиционная система электроснабжения больше не сможет удовлетворить все потребности, пришла необходимость предприятиям внедрять новые технологии в энергосистему [1]. Диспетчеризация систем электроснабжения обладает множеством функций по дистанционному контролю и регулированию параметров сети и производства, которые смогут эффективно решить различные проблемы. Внедрение данной технологии в энергосистему может значительно повысить эффективность работы, снизить потери энергоресурсов на предприятиях и снизить влияние человеческого фактора [2].

Для данной технологии характерны следующие функции:

- Управление режимами и контроль качества электроэнергии;
- Регулирование оптимального режима работ для электрооборудования;
- Повышение надежности систем ЭС;
- Профилактика возникновения аварийных ситуаций.

Данная технология смогла получить широкое применение благодаря все более совершенным компьютерным технологиям. На основе экспериментов посредством моделирования, диспетчеризация может проводить синхронную работу для стационарного и переходного состояний систем электроснабжения, помогать исследователям в тестировании и внедрении новых систем. Множество устройств управления могут образовывать с ними замкнутую систему для передачи данных с целью интеллектуального управления защитой [3].

Для того, чтобы построить систему автоматизации, для начала важно понять, как осуществляется запись информации различных технических оборудования. Чаще всего применяются системы АСУТП (автоматизированная система управления технологическим процессом) или АСКУЭ (автоматизированная система контроля и учета электроэнергии). Данные системы регистрируют потери электроэнергии, нагрузку на электроприемниках и многие другие параметры.

На рисунке 1 можно рассмотреть структурную схему АСУТП.



Рис. 1. Структурная схема АСУ ТП

Такие системы уже не раз доказали свою эффективность в работе на технологических объектах. Именно она сможет нам помочь проанализировать, сколько нам необходимо установить точек учета электрической энергии [2, 3].

Также для цифровой информации после внедрения систем АСУТП и АСКУЭ важно организовать систему оценки работоспособности электротехники. Для этого существуют специальные информационно-аналитические платформы. Обычно, они уже внедрены в основные системы, а если нет, то для оценки можно использовать SCADA-систему. Подробнее с ней можно ознакомиться на рисунке 2.

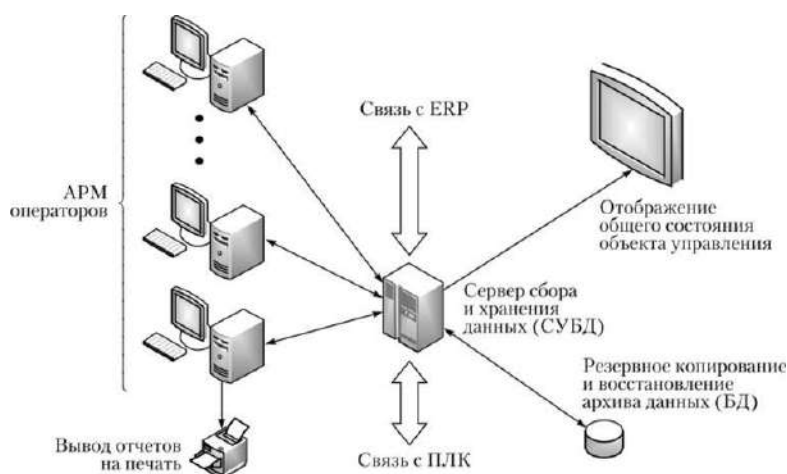


Рис. 2. SCADA-система

Этот метод диагностики работает на основе различных видов состояния электрооборудования, например, «предаварийное», «аварийное», «нормальное». Анализ выполняется путем сравнения показателя с определенными допустимыми значениями [4].

Таким образом, переход от традиционной к цифровой системе автоматизации и диспетчеризации систем электроснабжения даст возможность анализировать параметры для диагностики состояния электрооборудования и предотвратить потери не только электроэнергии, но уменьшить затраты на ремонт и обслуживание электротехники.

Источники

1. Вариводов В. Н. Интеллектуальные электроэнергетические системы/В. Н. Вариводов, Ю. А. Коваленко// Электричество. 2011. №9. 4-9 с.
2. Дубков И. С. Решение практических задач на базе технологии интернета вещей: учебное пособие/ И. С. Дубков, П. С. Сташевский, И. Н. Яковина. – Новосибирск: НГТУ, 2017. – 80 с.
3. Схиртладзе А. Г. Автоматизация технологических процессов и производств: учебник/ А. Г. Схиртладзе, А. В. Федотов, В. Г. Хомченко // 2-4 изд. Саратов, 2019 – 259 с.
4. Киреева Э. М. Рациональное использование электроэнергии в системах промышленного электроснабжения. М.: НТФ «Энергопрогресс», 2000.

УДК 621.311

ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

А.Л. Нагимуллина

Науч. рук. канд. пед. наук З.М. Шакурова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

89178864876@mail.ru

В этой статье рассматриваются вопросы, связанные с определением состояния воздушных линий электропередач (ВЛ), включая обзор существующих комплексов и инструментов для оценки их работы. В статье описаны актуальные проблемы эксплуатации ВЛ и возможные причины возникновения сбоев на основе анализа статистики отказов.

Ключевые слова: диагностика, воздушные линии электропередач, безопасность, надежность.

DIAGNOSTIC COMPLEX FOR STUDYING THE STATE OF OVERHEAD POWER LINES

A.L. Nagimullina
KSPEU, Kazan, Russia
89178864876@mail.ru

This article discusses issues related to determining the state of power transmission aircraft (OL), including the consideration of complex systems and functions to evaluate their performance. The article contains very topical problems of the operation of overhead lines and possible causes of failures based on the analysis of failure statistics.

Keywords: diagnostics, overhead lines, power transmission, safety, reliability.

Актуальность исследований в области диагностики состояния воздушных линий электропередач обусловлена несколькими факторами. Во-первых, это безопасность работы электросетей, так как повреждения линий могут привести к авариям, перебоям в электроснабжении и даже к ЧП. Во-вторых, это экономическая выгода, так как своевременная диагностика и ремонт поврежденных участков позволяет избежать дополнительных расходов на ремонт оборудования и возможные штрафы за простой в работе электросетей. В-третьих, это экологические аспекты, так как поврежденные линии могут привести к выходу из строя насосные станции и водохранилища, что приведет к экологическим последствиям.

Кроме того, современные технологии и методы диагностики состояния воздушных линий электропередач позволяют не только обнаруживать повреждения, но и прогнозировать возможные аварийные ситуации, определять оптимальные сроки ремонта и замены участков линий, а также увеличивать эффективность работы электросетей в целом.

На сегодняшний день существует множество вариантов создания диагностических комплексов для оценки состояния воздушных линий электропередач.[1] Некоторые из них: комплекс, который позволяет проводить комплексную визуализацию состояния воздушных лайнеров с использованием методов экспериментального контроля, инфракрасной термографии, магнитной дефектоскопии и др.; комплекс, который позволяет проводить дистанционное наблюдение за состоянием авиации с помощью спутниковой связи, он может получить информацию о таких

параметрах линии, как температура, напряжение, ток и др., а также о выявлении повреждений и аварийных ситуаций; комплекс, который позволяет проводить комплексную оценку состояния воздушных линий с помощью беспилотных летательных аппаратов, он может получить информацию о таких параметрах линии, как температура, напряжение, ток и др., а также о выявлении повреждений и аварийных ситуаций.

В настоящее время исследования по диагностике воздушных линий электропередач ведутся в нескольких направлениях. Одним из основных направлений является разработка новых методов диагностики и наблюдения за линиями, включая использование датчиков и технологий, таких как дистанционное зондирование, машинное обучение и компьютерное зрение. Другое направление связано с улучшением технологий и оборудования для инспекции и обслуживания воздушных линий, включая разработку роботов-инспекторов и беспилотных летательных аппаратов (дронов). Третье влияние связано с развитием новых материалов и технологий для строительства воздушных линий, которые обладают более высокой надежностью и стойкостью к значительному воздействию природных ресурсов.

Также стоит вести исследования в области разработки программных продуктов для управления и контроля за линиями электропередач, которые позволяют оперативно обрабатывать данные и принимать решения на основе полученной информации.

Состояние линий электропередач может оцениваться разными способами:

Визуальный осмотр - осмотр, чтобы выявить возможные повреждения или деформации.

Производственные испытания - испытания на прочность, чтобы оценить деформацию и нагрузку на линии.

Электрические испытания - испытания на изоляцию, чтобы оценить состояние изоляторов и определить наличие токов утечки.

Термография - технология, которая позволяет обнаруживать тепловые аномалии.

Дистанционное зондирование - технология, позволяющая получать данные о линиях со специальными датчиками и анализировать их на возможные повреждения.

Мониторинг колебаний [2].

Создание диагностического комплекса для оценки состояния воздушных линий электропередач необходимо для обеспечения безопасности и надежности работы электрических сетей. Воздушные

линии электропередач являются ключевым элементом электрической системы и должны работать в оптимальном состоянии, чтобы предотвратить аварии, увеличить эффективность работы и продлить срок службы оборудования.[3] Диагностический комплекс позволяет проводить регулярную мониторинговую проверку линий и выявлять возможные проблемы до того, как они приведут к аварии или сбою в работе электросистемы. Кроме того, диагностический комплекс помогает оптимизировать процесс ремонта и обслуживания оборудования, что позволяет сократить расходы на его эксплуатацию.

Таким образом, создание диагностического комплекса для оценки состояния воздушных линий электропередач является необходимым для обеспечения безопасности и надежности работы электрических сетей, а также для оптимизации процесса их обслуживания.

Источники

1. Ярославский Д.А. Аналитические модели движения проводов воздушных высоковольтных линий электропередачи. Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2022;24(4):154-164.

2. Фардиев И. Ш., Минуллин Р. Г., Закамский Е. В., Андреев В. В., Губаев Д. Ф. Диагностика воздушных полисов электрических сетей // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2004. №7-8

3. Минуллин Р.Г. , Писковацкий Ю.В., Касимов В.А. Выявление мест повреждений локационным методом на линиях электропередачи с ответвлениями // Вестник Казанского государственного энергетического университета . - 2021. - Т. 13. - №. 3. - С. 69-80.

УДК 621.311

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ПОТЕРЬ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В КОНТАКТАХ АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ ОТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОБОРУДОВАНИЯ

А.Р. Петров

Науч. рук. д-р техн. наук, доцент Е.И. Грачева

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

petroval13@mail.ru

В статье проведено исследование зависимостей величины потерь активной мощности в контактах и контактных системах автоматических выключателей в литом корпусе различных заводов изготовителей от основных параметров электрооборудования.

Ключевые слова: низковольтные аппараты, автоматический выключатель, потери мощности, аппроксимация.

FUNCTIONAL DEPENDENCIES OF ACTIVE POWER LOSSES IN THE CONTACTS OF CIRCUIT BREAKERS ON THE MAIN PARAMETERS OF THE EQUIPMENT

A.R. Petrov

KSPEU, Kazan, Russia

petroval13@mail.ru

In the article a study of dependences of the value of active power losses in contacts and contact systems of circuit breakers in the cast housing of different manufacturers on the main parameters of electrical equipment is carried out.

Keywords: low-voltage devices, circuit breaker, power losses, approximation.

Проведем анализ и исследование технических параметров автоматических выключателей в литом корпусе (АВЛК), которые наиболее распространены на отечественных промышленных предприятиях [1]. Для исследования были отобраны аппараты Курского электроаппаратного завода (КЭАЗ) и ряда зарубежных фирм производителей (Schneider Electric, ABB, Legrand).

На рисунке 1 представлены зависимости потерь активной мощности ΔP от номинального тока I_n для АВЛК ВА04 (КЭАЗ), ComPact NSX (Schneider Electric), Tmax XT (ABB), DPX (Legrand). Проведем аппроксимацию полученных данных и вычислим коэффициенты детерминации и ошибку аппроксимации каждой функции.

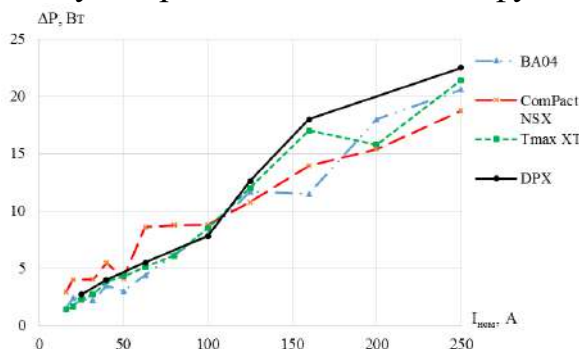


Рис.1 Графические зависимости потерь активной мощности от номинального тока АВЛК различных заводов-изготовителей

Коэффициент детерминации R^2 вычисляется по выражению:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_i (y_i - \hat{y})^2}{\sum_i (y_i - \bar{y})^2}$$

где y_i - фактические значения переменных; $\hat{y}$ - расчетные значения исследуемой величины; $\bar{y} = \frac{\sum_i y_i}{n}$ - среднее значение исследуемой величины; $\sum_i (y_i - \hat{y})^2$ - сумма квадратов ошибок регрессии; $\sum_i (y_i - \bar{y})^2$ - сумма квадратов отклонений точек данных от среднего значения.

Далее вычислим среднюю ошибку аппроксимации:

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \sum_i \left| \frac{y_i - \hat{y}}{y_i} \right| \cdot 100\%$$

Ошибка аппроксимации должна составлять менее 15%.

Данные показывают, что наибольшая точность аппроксимирующих выражений для параметров, исследуемых АВЛК, характерна для полиномиальных функций зависимости $\Delta P = F(I_n)$ [2; 3]. Результаты расчета R^2 и $\bar{A}$ представлены в таблице.

Аппроксимирующие функции потерь мощности для исследуемых АВЛК

Тип аппарата	Аппроксимирующая функция	R^2	$\bar{A}$
BA04 (КЭАЗ)	$\Delta P_{BA} = -8 \cdot 10^{(-5)} \cdot I_n^2 + 0,0673 \cdot I_n + 0,3855$	0,9833	11,45
ComPact NSX (Schneider Electric)	$\Delta P_{NSX} = -6 \cdot 10^{(-5)} \cdot I_n^2 + 0,082 \cdot I_n + 1,928$	0,9724	10,17
Tmax XT (ABB)	$\Delta P_{Tmax} = -2 \cdot 10^{(-4)} \cdot I_n^2 + 0,1209 \cdot I_n - 0,9538$	0,9541	13,27
DPX (Legrand)	$\Delta P_{DPX} = -5 \cdot 10^{(-5)} \cdot I_n^2 + 0,1044 \cdot I_n + 0,0142$	0,9659	13,53

На рисунке 2 представлены графические зависимости аппроксимирующих функций для АВЛК с наибольшим коэффициентом детерминации.

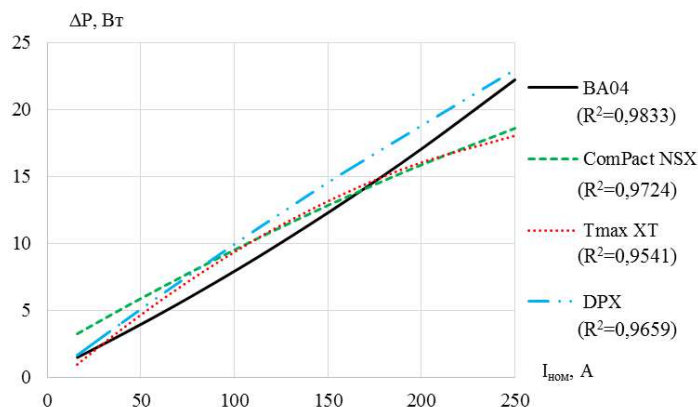


Рис.2 Графики аппроксимирующих функций потерь активной мощности для АВЛК

Источники

1. Грачева Е. И. [и др.] Алгоритмы и модели потерь мощности в автоматических выключателях, устанавливаемых в цеховых сетях // Вестник МГТУ. 2020. Т. 23, № 4. С. 345–353. DOI: 10.21443/1560-9278-2020-23-4-345-353

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. Егоров Е. Г., Иванова С. П., Луия Н. Ю., Афанасьев А. В. [и др.]. Исследование отключающей способности автоматических выключателей в режиме короткого замыкания // Электротехника. 2018. № 8. С. 12–15.

УДК 621.311

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАГНИТНЫХ ПУСКАТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ЗАВОДОВ-ИЗГОТОВИТЕЛЕЙ

А.Р. Петров

Науч. рук. д-р техн. наук, доцент Е.И. Грачева

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

petroval13@mail.ru

В статье проведено исследование зависимостей величины потерь активной мощности в контактах и контактных системах магнитных пускателей ряда отечественных и зарубежных заводов-изготовителей от основных параметров электрооборудования.

Ключевые слова: низковольтные аппараты, магнитный пускатель, потери мощности, аппроксимирующие функции.

STUDY OF THE MAIN TECHNICAL CHARACTERISTICS OF MAGNETIC CONTACTORS FROM DIFFERENT MANUFACTURERS

A.R. Petrov

KSPEU, Kazan, Russia

petroval13@mail.ru

The paper studies the dependences of active power losses in contacts and contact systems of magnetic contactors of a number of domestic and foreign manufacturers on the main parameters of electrical equipment.

Keywords: low-voltage devices, magnetic contactor, power loss, approximating functions.

На основании статистических данных отказов магнитных пускателей выявлено, что наиболее слабым элементом являются его силовые контакты [1]. В связи с этим вопрос исследования потерь мощности в этих аппаратах является актуальной задачей. Для проведения исследования технических параметров магнитных пускателей были рассмотрены аппараты Курского электроаппаратного завода (КЭАЗ), IEK и ряда зарубежных фирм производителей (Schneider Electric, ABB, Legrand) [2].

На рисунке 1 представлены зависимости потерь активной мощности ΔP от номинального тока I_n для магнитных пускателей ПМЛ (КЭАЗ), КМИ (IEK), EasyPact TVS (Schneider Electric), ABB A (ABB), CTX (Legrand).

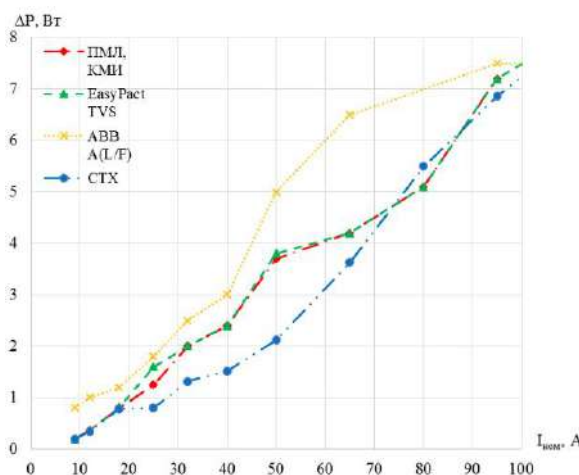


Рис.1 Графические зависимости потерь активной мощности от номинального тока магнитных пускателей различных заводов-изготовителей

Вычислим коэффициент детерминации R^2 для полиномиальной функции магнитного пускателя марки ПМЛ (КЭАЗ):

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_i (y_i - \hat{y})^2}{\sum_i (y_i - \bar{y})^2}$$

$$R^2 = 1 - \frac{(0,2 - 0,21)^2 + \dots + (7,2 - 6,85)^2}{(0,2 - 2,72)^2 + \dots + (7,2 - 2,72)^2} = 1 - \frac{0,6802}{47,27} = 0,9856$$

Далее вычислим среднюю ошибку аппроксимации:

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \sum_i \left| \frac{y_i - \hat{y}}{y_i} \right| \cdot 100\% = \frac{1}{10} \cdot \left| \left(\frac{0,2 - 0,21}{0,2} \right) + \dots + \left(\frac{7,2 - 6,85}{7,2} \right) \right| \cdot 100\% = 7,23\%$$

Данные показывают, что наибольшая точность аппроксимирующих выражений для параметров, исследуемых магнитных пускателей, характерна для полиномиальных функций зависимости $\Delta P = F(I_H)$ [3]. Потери активной мощности в контактных системах магнитных пускателей марок ПМЛ, КМИ и EasyPact TVS совпадают. Результаты расчета коэффициента R^2 и $\bar{A}$ представлены в таблице.

Аппроксимирующие функции потерь мощности для исследуемых магнитных пускателей

Тип аппарата	Аппроксимирующая функция	R^2	$\bar{A}$
ПМЛ (КЭАЗ); КМИ (IEK); EasyPact TVS (Schneider Electric)	$\Delta P_{\text{ПМЛ}} = 9 \cdot 10^{(-5)} \cdot I_H^2 + 0,0679 \cdot I_H - 0,4125$	0,9856	7,23
ABB A (ABB)	$\Delta P_{\text{ABB}} = -3 \cdot 10^{(-4)} \cdot I_H^2 + 0,121 \cdot I_H - 0,6665$	0,9717	17,5
CTX (Legrand)	$\Delta P_{\text{CTX}} = 6 \cdot 10^{(-4)} \cdot I_H^2 + 0,0135 \cdot I_H + 0,1121$	0,9925	12,48

На рисунке 2 представлены графические зависимости аппроксимирующих функций для магнитных пускателей с наибольшим коэффициентом детерминации.

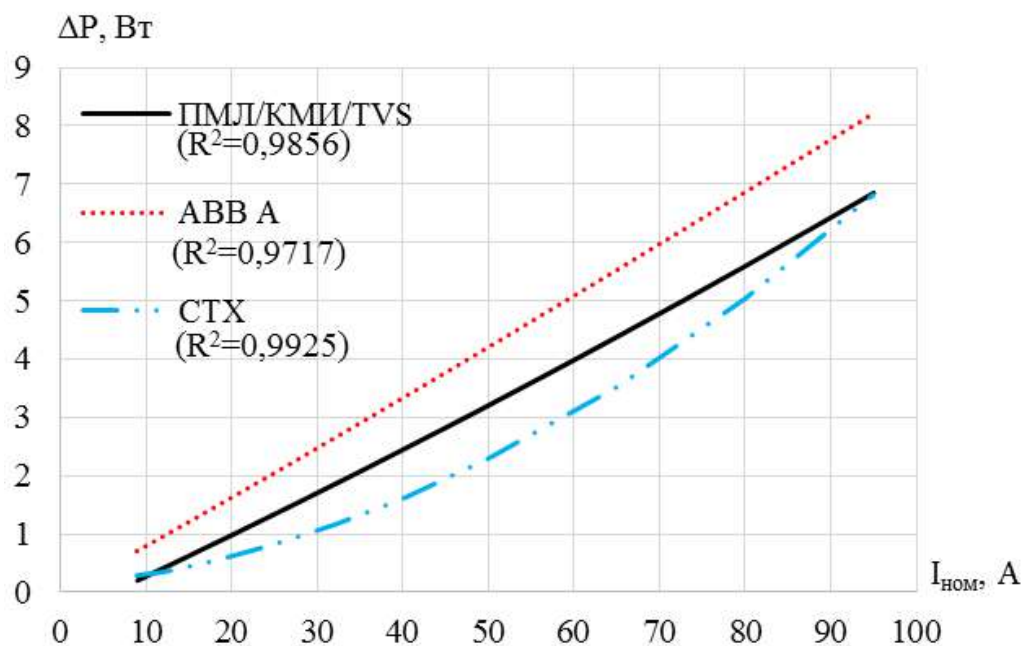


Рис.2 Графики аппроксимирующих функций потерь активной мощности для магнитных пускателей

Источники

1. Буторин В. А., Царев И. Б., Банин Р. В., Шарпилов А. Ю. Время первой проверки состояния контактов магнитного пускателя // Вестник Курганской ГСХА. 2019. №2 (30). С. 58–60.
2. Грачева, Е. И. Исследование вероятностных характеристик систем электроснабжения / Е. И. Грачева, Р. Р. Садыков // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2017. – Т. 19. – № 1-2. – С. 95-101. – EDN ZBTISD.
3. Грачева Е.И., Горлов А.Н., Шакурова З.М. Анализ и оценка экономии электроэнергии в системах внутризаводского электроснабжения // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2020. Т. 22. № 2. С. 65-74. doi:10.30724/1998-9903- 2020-22-2-65-74.

НЕОБХОДИМОСТЬ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ АВТОНОМНОЙ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕГРАЦИИ В СИСТЕМУ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Т.И. Петров¹, Н.К. Али²
^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
^{1,2}tobac15@mail.ru

Актуальность использования объектов автономной солнечной энергетики не вызывает сомнений, однако существуют сложности с интеграцией этих объектов в действующие системы электроснабжения, без потерь показателей надежности и эффективности, и для решения этой проблемы на 1 этапе необходимо провести моделирование. Конечным результатом будет разработка и создание модели возможности интеграции объектов автономной солнечной энергетики в энергосистему республики Ирак.

Ключевые слова: солнечная энергетика, интеграция, система электроснабжения, моделирование.

THE NEED FOR SIMULATION OF AUTONOMOUS SOLAR ENERGY OBJECTS TO DETERMINE THE EFFICIENCY OF INTEGRATION INTO THE POWER SUPPLY SYSTEM

T.I. Petrov¹, N.K. Ali²
^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia
^{1,2}tobac15@mail.ru

The relevance of using high efficiency of energy increase does not raise suspicions, however, due to the complexity of integrating objects into existing power supply systems, without loss of reliability and efficiency indicators, it is necessary to carry out modeling to solve this problem. The end result will be the development and creation of high power grid models in the Republic of Iraq.

Keywords: solar energy, integration, power supply system, modeling.

Перед Ираком стоит множество задач по освоению местных энергетических ресурсов и разработке рациональной энергетической

политики. В Ираке солнечную энергию можно считать лучшей и наиболее логичной альтернативой сжиганию ископаемого топлива [1].

Ирак — страна, которая получает большое количество солнечной энергии. Солнечная радиация, падающая на пустынные районы Ирака, на долю которых в настоящее время приходится более 60% территории страны, эквивалентна энергии, вырабатываемой в стране [2].

Фотоэлектричество можно считать основной альтернативой и наиболее целесообразным применением солнечной энергии. Для создания фотоэлектрической системы требуются короткие сроки строительства, а также могут быть представлены системы проектирования малого или среднего размера, т.е. проектный размер фотоэлектрической установки является гибким параметром [3]. Пустынные районы в Ираке, особенно на границе с Саудовской Аравией, представляют собой районы с высокой плотностью солнечного излучения. Можно считать, что вся территория Ирака имеет подходящую солнечную интенсивность для работы фотоэлектрических станций [4]. Однако, из-за того, что солнечная энергия носит непостоянный и непредсказуемый характер, она может создавать серьезные технические проблемы. Пиковое время работы солнечных систем приходится на разное время суток в разных местах, поэтому данная система не может обеспечить непрерывное снабжение.

Переменный характер создает проблемы для их интеграции в сеть, особенно при высокой концентрации объектов солнечной энергетики в сети низкого напряжения, как в случае с бытовыми фотоэлектрическими панелями на крышах. Высокая концентрация фотоэлектрических систем в распределительных линиях электропередачи низкого напряжения в сочетании с несоответствием кривой выработки фотоэлектрических систем типичному профилю нагрузки для бытовых помещений может привести к нарушениям напряжения на подстанции, снижая качество электроэнергии системы.

Работа начинается с моделирования солнечной панели, в этом исследовании общая модель построена и реализована с использованием Matlab (Simulink).

В этой модели (рис. 1) входными данными являются солнечное излучение и температура элемента, а выходными данными являются фотогальваническое напряжение и ток. Параметры моделей обычно выбираются из паспорта производителя.

Солнечная энергетика в Ираке способна обеспечить достаточное количество электроэнергии для полного обеспечения местной

энергосистемы, в дополнение к поставке значительного количества энергии на экспорт [5].

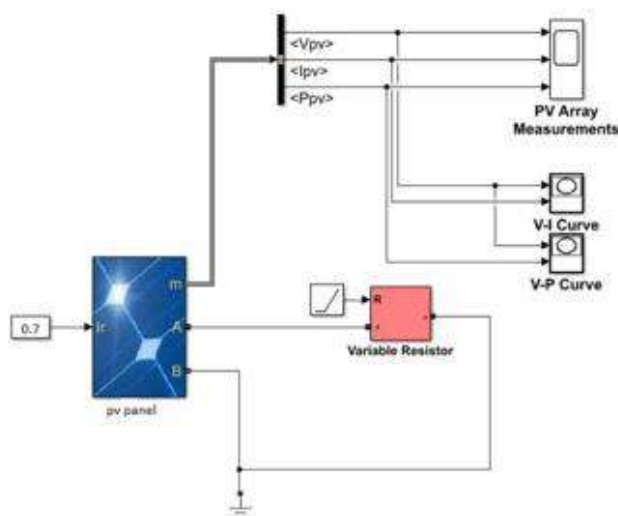


Рис. 1. Начальная модель объектов солнечной энергетики в Matlab Simulink

Однако для успешной реализации данного плана необходимо провести предварительное моделирование, для определения всех возможных сложностей интеграции многочисленных объектов генерации в централизованную энергосистему.

Источники

1. Chaichan M. T., Kazem H. A., Mahdy A. M. J., Al-Waely A. A. Optimal sizing of a hybrid system of renewable energy for lighting street in Salalah-Oman using Homer software // International Journal of Scientific Engineering and Applied Science (IJSEAS), vol. 2, no. 5, pp. 157-164, 2016

2. Эльмохлави А.Э., Очков В.Ф., Казанджан Б.И. Оценка производительности и энергоэффективности интегрированного солнечного комбинированного цикла электростанции // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2019;21(1-2):43-54.

3. Сафин А.Р., Ившин И.В., Грачева Е.И., Петров Т.И. Разработка математической модели автономного источника электроснабжения с свободно-поршневым двигателем на базе синхронной электрической машины возвратно-поступательного действия с постоянными магнитами // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020;22(1):38-48.

4. Cao Y., Yao H., Wang Z., Jermittiparsert K., Yousefi N. Optimal designing and synthesis of a hybrid PV/fuel cell/wind system using meta-heuristics // Energy Rep. 2020, 6, 1353–1362.

5. Sidharthan V., Kashyap Y., Castelino R. A review on hybrid source energy management strategies for electric vehicle // Int. J. Energy Res. 2021, 45, 19819–19850.

УДК 621-311

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК НАДЕЖНОСТИ ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ ПН2-100 ВНУТРИЦЕХОВЫХ СЕТЕЙ

Р.М. Петрова

Науч. рук. д-р техн. наук, доцент Е.И. Грачева

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

1998renata@mail.ru

В статье описано исследование, позволяющее определить благоприятное время замены предохранителей на примере марки ПН2-100 для повышения надежности цеховых сетей. Для расчетов используется нормальный закон распределения. Проведено сравнение полученных результатов значений вероятности безотказной работы с требованиями ГОСТ.

Ключевые слова: предохранитель; нормальный закон распределения; надежность; вероятность безотказной работы; вероятность появления отказа.

STUDY OF PROBABILISTIC RELIABILITY CHARACTERISTICS OF PN2-100 FUSES OF INTRA-WORKSHOP NETWORKS

R.M. Petrova

KSPEU, Kazan, Russia

1998renata@mail.ru

The article describes a study to determine the favorable time of replacement of fuses by the example of PN2-100 brand to improve the reliability of shop floor networks. Normal law of distribution is used for calculations. Comparison of the obtained results of the probability of no-failure operation with the requirements of GOST.

Keywords: fuse; normal law of distribution; reliability; probability of failure-free operation; probability of occurrence of failure.

Для прогнозирования надежности электрооборудования низковольтных сетей предлагается использовать сравнение статистических и теоретических значений функции распределения вероятностей безотказной работы и появления отказа. [1, 2]

Рассмотрим статистические данные отказов предохранителей на основе марки ПН2-100 (завода-изготовителя КЭАЗ, г. Курск), установленного в системах внутрицехового электроснабжения промышленных объектов ряда предприятий г. Казани.

Эмпирическая функция вероятности безотказной работы имеет вид:

$$P^*(t_i) = \frac{N_0 - n_i(t)}{N_0} \quad (1)$$

где $n_i(t)$ – суммарное число отказавших элементов, шт.;

N_0 – количество рассматриваемых элементов, шт.

Эмпирическая функция вероятности появления отказа записывается в виде:

$$Q^*(t_i) = \frac{n_i(t)}{N_0} \quad (2)$$

$$Q^*(t_i) = 1 - P^*(t_i) \quad (3)$$

Теоретическая функция вероятности безотказной работы имеет вид:

$$P(t) = \frac{F\left(\frac{T_{сред} - t}{\sigma}\right)}{F\left(\frac{T_{сред}}{\sigma}\right)} \quad (4)$$

$$Q(t) = 1 - P(t) \quad (5)$$

где t – время наблюдения, год;

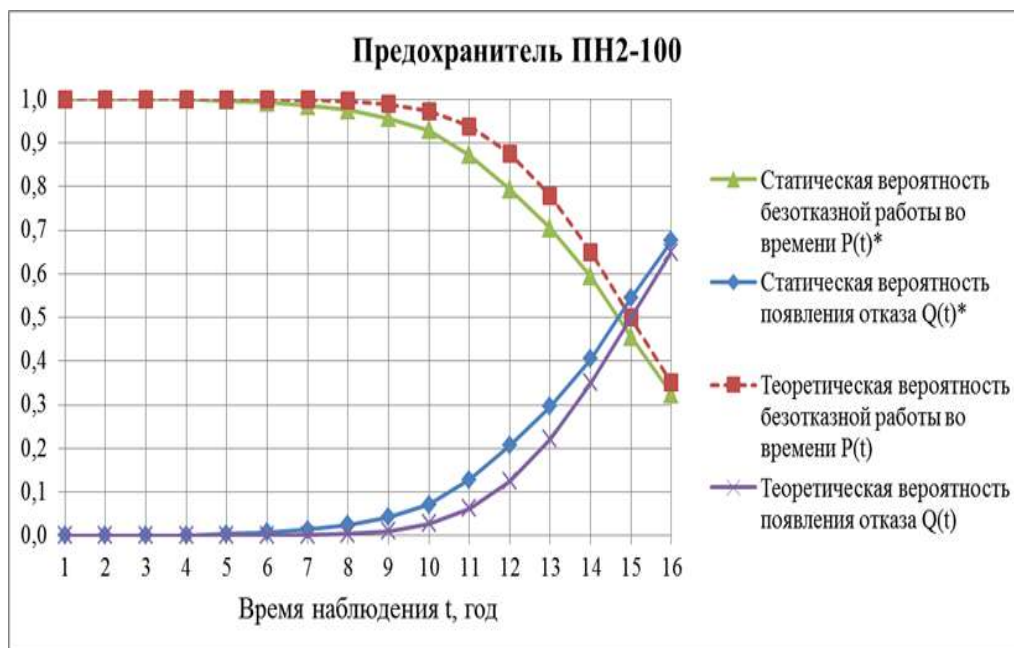
$T_{сред}$ – средняя наработка на отказ, год;

σ – среднеквадратическое отклонение наработки на отказ, год;

F – функция Лапласа. [3]

Для предохранителей ПН2-100 средняя наработка на отказ $T_{сред}=13$ лет, среднеквадратическое отклонение наработки на отказ $\sigma=3,1$ года, количество отказавших элементов – 190, количество рассматриваемых предохранителей – 281.

На рис. показаны графики изменения статистических и теоретических функций вероятности безотказной работы и появления отказа за время наблюдения, равное $t=16$ годам, для предохранителей марки ПН2-100.



Статистическая и теоретическая вероятности безотказной работы P и появления отказа Q во времени t для предохранителей ПН2-100 по годам

Таким образом, проведенные исследования и данные рисунка 1 показывают, что в соответствии с ГОСТ 17242-86, вероятность безотказной работы предохранителей остается не ниже 0,8 для периода наблюдения в течение 12 лет, что подтверждает сохранение данного параметра для паспортного срока службы аппаратов, равного 10 годам.

Источники

1. Петрова, Р.М. Анализ надежности электрооборудования цеховых сетей // Материалы конференции XVII Всероссийской открытой молодежной научно-практической конференции «Диспетчеризация и управление в электроэнергетике» (20–22 октября 2022 г.) / редкол. А. Г. Арзамасова (отв. редактор). – Казань: ООО «Фолиант», 2022. – С. 206-209.
2. Петрова, Р.М. Надежность и перегрузочная способность силовых трансформаторов / Р. М. Петрова, Е. И. Грачева // Фёдоровские чтения – 2022: ЛП Всероссийская научно-практическая конференция с

международным участием (с элементами научной школы для молодежи) (Москва, 15–18 ноября 2022 г.) / под общ. ред. Ю.В. Матюниной. – М.: Издательский дом МЭИ, 2022. – С. 233-240.

З. Федотов А.И., Грачева Е.И., Наумов О.В. Исследования показателей безотказности низковольтных коммутационных аппаратов электрических сетей // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2013. №9-10.

УДК 621-311

ХАРАКТЕРИСТИКИ НАДЕЖНОСТИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТМ-1600/10/0,4 кВ ВНУТРИЦЕХОВЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Р.М. Петрова

Науч. рук. д-р техн. наук, доцент Е.И. Грачева
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
1998renata@mail.ru

В статье описано исследование, позволяющее определить благоприятное время замены трансформаторов на предприятии на примере оборудования ТМ-1600/10/0,4 для повышения надежности цеховых сетей. Для расчетов используется нормальный закон распределения.

Ключевые слова: трансформатор; параметры надежности; нормальный закон распределения; вероятность безотказной работы; вероятность появления отказа.

RELIABILITY CHARACTERISTICS OF POWER TRANSFORMERS TM-1600/10/0.4 kV OF IN-SHOP POWER SUPPLY SYSTEMS

R.M. Petrova

KSPEU, Kazan, Russia
1998renata@mail.ru

The article describes a study to determine the favorable time of transformer replacement at the enterprise on the example of equipment TM-1600/10/0,4 to improve the reliability of shop floor networks. Normal distribution law is used for calculations.

Keywords: transformer; reliability parameters; normal law of distribution; probability of failure-free operation; probability of failure occurrence.

В современных условиях развития электротехнических комплексов при выходе оборудования из строя крупным производственным предприятиям проще заменить оборудование на новое, а не выводить его в капитальный ремонт и заниматься продлением срока службы. [1]

Рассмотрим статистические данные отказов трансформаторов ТМ-1600/10/0,4 кВ (заводов-изготовителей ЭЛТЕХКОМ, г. Нижний Новгород, а также RU-TRANSFORMATOR, г. Екатеринбург), установленных в системах внутрицехового электроснабжения промышленных объектов ряда предприятий г. Казани.

По статической информации об отказавших элементах определим среднюю наработку на отказ:

$$\overline{T}_{сред} = \frac{\sum_{i=1}^{N_0} t_i}{N_0}$$

где N_0 – количество рассматриваемых элементов, шт.

Исключив первые семь лет испытаний, где количество отказавших элементов за год близко к 0, определим значение среднеквадратического отклонения времени безотказной работы:

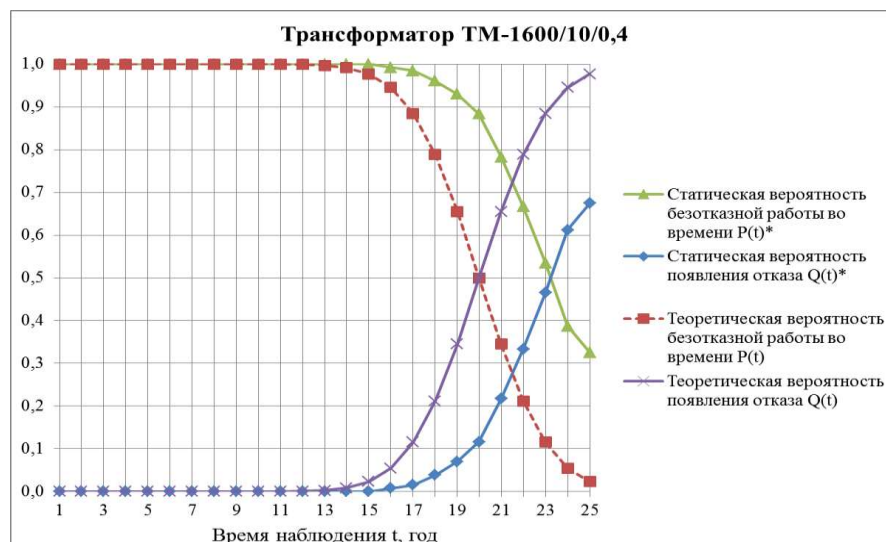
$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(t_i - T_{сред})^2}{t}}$$

где t – время наблюдения, год;

$T_{сред}$ – средняя наработка на отказ, год. [3]

Согласно формулам получено: $\sigma = 1,5$ года; $T_{сред} = 22$ года.

Для трансформаторов ТМ-1600/10/0,4 кВ (см. рисунок) время наблюдения составило $t=25$ лет, количество отказавших – 87, количество исследуемых трансформаторов – 129.



Статистическая и теоретическая вероятности безотказной работы P и появления отказа Q во времени t для трансформатора ТМ-1600/10/0,4 кВ по годам

Проверку на соответствие нормального закона распределения проведем с помощью критерия Колмогорова.

Мера расхождения между статическими и теоретическими величинами D_n функции распределения: [2]

$$D_n = \max |F^*(x) - F(x)|$$

где $F^*(x)$ – статические данные функции распределения;

$F(x)$ – теоретические данные функции распределения.

Значение случайной величины y_n рассчитывается по формуле:

$$y_n = D_n \sqrt{n}$$

где n – количество отказавших элементов.

Для трансформаторов, по результатам исследований, требуемое в соответствии с ГОСТ 11677-85 и ГОСТ 11920-73 значение вероятности безотказной работы, равное не ниже 0,96, наблюдается в течение первых 18 лет, а значение данного параметра не ниже 0,8, сохраняется в течение 21 года работы при паспортном сроке службы, равном 25 годам. При этом для данного вида электрооборудования, которое относится к одним из высоконадежных электроустановок, характерно, как правило, строгое соблюдение всех условий регламентов технического обслуживания и эксплуатации.

Источники

1. Грачева Е.И., Садыков Р.Р., Хуснутдинов Р.Р., Алимова А.Н. НАДЕЖНОСТЬ И КОМПОНОВКА НИЗКОВОЛЬТНЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ВНУТРИЦЕХОВОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ // Вестник КГЭУ. 2019. №1 (41).

2. Петрова, Р.М. Надежность и перегрузочная способность силовых трансформаторов / Р. М. Петрова, Е. И. Грачева // Фёдоровские чтения – 2022: ЛП Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием (с элементами научной школы для молодежи) (Москва, 15–18 ноября 2022 г.) / под общ. ред. Ю.В. Матюниной. – М.: Издательский дом МЭИ, 2022. – С. 233-240.

3. Петрова, Р.М. Исследование характеристик надежности силовых трансформаторов / Р. М. Петрова, Е. И. Грачева // Проблемы и перспективы развития энергетики, электротехники и энергоэффективности: материалы VI Междунар. науч.-техн. конф. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2022. – С. 201-205.

УДК 621.3.052:62-192

МЕТОДЫ РАСЧЁТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Д.И. Пинин

Науч. рук. д-р техн. наук., проф. Е.И. Грачёва
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
pinin4denis@mail.ru

В данной статье проанализированы способы расчета показателей электроснабжения с целью определения надежности системы.

Ключевые слова: система электроснабжения, вероятность состояния, методики расчета, показатели надежности.

METHODS FOR CALCULATION OF RELIABILITY INDICATORS OF POWER SUPPLY SYSTEMS

D.I. Pinin

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
pinin4denis@mail.ru

This article analyzes methods for calculating the calculation of power supply indicators in order to determine the reliability of the system.

Keywords: power supply system, state probability, calculation methods, reliability indicators.

При расчете надежности систем электроснабжения, как и в любых других расчетах, стоит задача составления упорядоченного алгоритма действий [1]. Этот алгоритм должен в себе содержать модель, наиболее точно описывающая показатели надежности и надежность системы, а также алгоритм расчета должен быть прост в своем исполнении, и требовать для процесса определенный минимум требуемых исходных данных [2].

Метод расчета показателей надежности схем электроснабжения по средним значениям вероятностей состояния элементов представляет собой метод, в котором высчитывается ненадежность схемы посредством средних показателей элементов и тем самым от обратного находится общая надежность схемы [3]. Суть в том, что расчет можно проводить на всех этапах сложной системы (станция-подстанция-ЛЭП и т.д.), представляя каждый уровень системы как отдельную систему, что позволяет рассчитывать довольно сложные схемы. Однако данный метод не позволяет учесть вероятности развития аварий. Основные показатели системы: среднее количество отказов ω , среднее время восстановления элемента $t_{\text{в}}$, интенсивность преднамеренных отключений $\lambda_{\text{п}}$ и среднее время преднамеренного отключения $t_{\text{пр}}$.

Алгоритм расчета:

Вероятность простоя:

$$Q = \frac{\omega \cdot t_{\text{в}}}{8760}$$

Вероятность преднамеренного отказа:

$$Q_{\text{п}} = \frac{\lambda_{\text{п}} \cdot t_{\text{пр}}}{8760} \cdot Q_{\text{н}}$$

Средняя вероятность отказа:

$$\sum_{i=1}^n Q_i = Q + Q_{\text{п}}$$

Вероятность безотказного состояния:

$$P = 1 - \sum_{i=1}^n Q_i = 1 - Q - Q_{\text{п}} = \frac{t_{\text{р}}}{8760},$$

$t_{\text{р}}$ - время безотказной работы элемента.

Метод с использованием формулы полной вероятности помогает сложную схему заменить эквивалентной схеме из последовательно-параллельных элементов. Вероятность элементов вычисляется суммой произведений вероятностей отказа элемента, либо вероятностей безотказной работы. Отказы в узлах схемы не рассматриваются. Эквивалент сводится к схеме типа “мостик” (см. рисунок). Относительно элемента строится расчет.

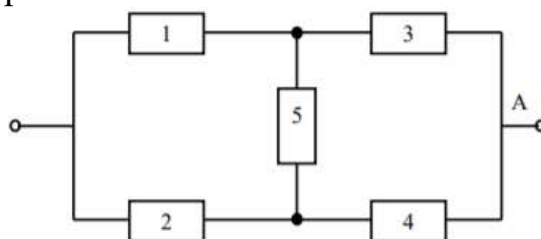


Схема типа “мостик”

Например, таким элементом будет 5. Тогда вероятность безотказной работы схемы:

$$P_c = P_5[(1 - q_1 \cdot q_2) \cdot (1 - q_3 \cdot q_4)] + q_5[(1 - (q_1 + q_3 - q_1 \cdot q_3) \cdot (q_2 + q_4 - q_2 \cdot q_4)]$$

По приведенным выше методам можно сделать вывод, что методы являются упрощенными, не включая в себя условий для более детального получения данных, но в тоже время практичные для получения достаточно приближенных показателей.

Источники

1. Э.Ю. Абдуллазянов, Е.И. Грачева, А.Н. Горлов, З.М. Шакурова, Т. В. Табачникова, О.А. Шумихина, Р.Р. Гибадуллин. Исследование качества функционирования электрических аппаратов низкого напряжения в составе электротехнических комплексов.// ИЗВУЗ. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. №6. С.3-15 <https://www.energyret.ru/jour> (дата обращения 18.01.2023).

2. Е.И. Грачева, О.В. Наумов, А.Н. Горлов, З.М. Шакурова. Алгоритмы и вероятностные модели параметров функционирования внутризаводского электроснабжения.// ИЗВУЗ. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. №1. С.93-104. <https://www.energyret.ru/jour> (дата обращения 20.01.2023).

3. Влияние режимов эксплуатации систем внутрицехового электроснабжения на их функциональные характеристики / Е. И. Грачева, А. Р. Сафин, О. В. Наумов, Р. Р. Садыков // Надежность и безопасность энергетики. – 2016. – № 4(35). – С. 50-55.

КАЧЕСТВО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

М. И. Рогульский

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент И.Н. Маслов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

maxonlin2003@gmail.com

Рассмотрено что такое качество электроэнергии, чем оно определяется и способ его повышения, а также компенсация реактивной мощности, которая является полезным инструментом для улучшения качества электроэнергии и снижения риска перебоев в подаче электроэнергии.

Ключевые слова: качество электроэнергии, компенсация реактивной мощности (КРМ), реактивная мощность, эффективность, электроэнергия.

POWER QUALITY AND REACTIVE POWER COMPENSATION

M. I. Rogulsky

KSPEU, Kazan, Russia

maxonlin2003@gmail.com

It is considered what is the quality of electricity, how it is determined and how to increase it, as well as reactive power compensation, which is a useful tool for improving the quality of electricity and reducing the risk of power outages.

Keywords: power quality, reactive power compensation (RPC), reactive power, efficiency, electric power.

Качество электроэнергии является ключевым фактором в эксплуатации и обслуживании любого промышленного объекта. Оно определяется как эффективность и точность, с которой электрическая энергия подается на нагрузку. На него могут повлиять помехи, такие как провалы напряжения, скачки напряжения, гармоники, дисбаланс напряжения и реактивная мощность. Эти помехи могут вызвать ряд проблем, таких как снижение эффективности и повреждение оборудования. Для смягчения этих проблем эффективным решением является компенсация реактивной мощности (КРМ) [1-3]. Актуализация

удельных электрических нагрузок позволит правильно выбрать необходимую величину реактивной мощности [4-6].

КРМ используется для улучшения качества электроэнергии за счет уменьшения этих помех. Реактивная мощность — это энергия, хранящаяся в электрической цепи за счет индукции напряжения и тока и потребляемая индуктивными нагрузками, такими как двигатели и трансформаторы. Основной целью КРМ является снижение количества реактивной мощности и повышение эффективности системы за счет снижения потерь тока и напряжения, а также снижение пиковых нагрузок [4-7]. Это достигается введением в систему устройств КРМ, таких как конденсаторы и синхронные конденсаторы. Эти устройства используются для поглощения или подачи реактивной мощности в систему, таким образом поддерживая баланс между активной и реактивной мощностью. Это помогает улучшить коэффициент мощности, снизить потери при передаче и повысить эффективность системы.

КРМ выгодна по нескольким причинам. Во-первых, это помогает снизить потери в системе электроснабжения. Во-вторых, это помогает уменьшить количество гармонических искажений в системе, которые могут привести к повреждению чувствительного оборудования. В-третьих, это может помочь снизить риск отключения электроэнергии из-за колебаний напряжения. Наконец, это может помочь уменьшить нагрузку на электрическое оборудование, тем самым увеличивая срок его службы.

При реализации КРМ важно учитывать тип системы, тип питаемой нагрузки и требуемый уровень компенсации.

В заключение можно сказать, что актуальность решаемого вопроса не вызывает сомнения, поскольку использование в быту и на производстве большого количества микропроцессорной техники обязывает гарантирующих поставщиков обеспечивать качество электроэнергии. На сегодняшний день рассматривается вопрос обеспечения качества электроэнергии для жителей многоквартирных жилых домов с использованием оптимизаторов энергопотребления, установленных вводно-распределительных устройств жилого дома. Установка данных устройств требует обоснования, поскольку увеличивает стоимость строительства и эксплуатации в жилищном строительстве. Широкое использование электроники привело к увеличению потребления реактивной мощности и для выполнения задач, поставленных правительством в рамках Федерального закона "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о

внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" необходима КРМ. Вопросы связанные с типом компенсации, местом установки и лицами, которыми должно быть установлено устройство на сегодняшний день не решены в полной мере. Для государства, населения и предприятий КРМ является полезным инструментом для улучшения качества электроэнергии, снижения риска перебоев в подаче электроэнергии, повышения эффективности, уменьшения гармонических искажений и продления срока службы электрооборудования.

Источники

1. Федотов А.И., Ахметшин А.Р. Мероприятия по увеличению пропускной способности линий электропередач в распределительных сетях 10 кВ // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2011. № 5-6. С. 79-85. EDN NVAMET.

2. Зарипова С.Н., Чернова Н.В., Ахметшин А.Р. Глубокая компенсация реактивной мощности в распределительных электрических сетях напряжением 0,4-10кВ // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2014. № 1-2. С. 60-66. EDN SAWUQX.

3. Солуянов Ю.И., Федотов А.И., Ахметшин А.Р., Солуянов В.И. Анализ фактических электрических нагрузок помещений общественного назначения, встроенных в жилые здания // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. № 6. С. 134-147. DOI 10.30724/1998-9903-2021-23-6-134-147. EDN MBYUSE.

4. Солуянов Ю.И., Федотов А.И., Ахметшин А.Р., Солуянов В.И. Исследование электрических нагрузок многоквартирных жилых комплексов в период распространения новой коронавирусной инфекции // Вопросы электротехнологии. 2021. № 2(31). С. 57-67. EDN OOUAON.

5. Солуянов, Ю. И. Ахметшин А.Р., Солуянов В.И. Актуализация удельных электрических нагрузок помещений общественного назначения, встроенных в жилые здания // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. № 3. С. 47-57. DOI 10.30724/1998-9903-2021-23-3-47-57. EDN LANQDE.

6. Солуянов Ю.И., Федотов А.И., Чернова Н.В., Ахметшин А.Р. Анализ фактических электрических нагрузок объектов индивидуального жилищного строительства // Электроэнергия. Передача и распределение. 2021. № 5(68). С. 60-65. EDN DXVKQM.

7. Солуянов Ю.И., Федотов А.И., Ахметшин А.Р., др. Анализ фактических электрических нагрузок многоквартирных жилых домов Московской области // Промышленная энергетика. 2022. № 4. С. 20-28. DOI 10.34831/EP.2022.41.57.003. EDN HXYLKK.

МОДЕРНИЗАЦИЯ СЕЛЬСКИХ ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПУТЕМ ВНЕДЕРЕНИЯ ПОДСТАНЦИИ НА РЕКЛЮЗЕРАХ

М.М. Романцов

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Т.И. Петров

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

misharomansov02@gmail.com

В статье предложено решение по модернизации сельских подстанций среднего класса напряжения путем постройки на свайном фундаменте открытого распределительного устройства на базе реклоузеров. Также проведен сравнительный анализ представленных на рынке решений по модернизации данных объектов.

Ключевые слова: реклоузер, подстанция, комплектное распределительное устройство наружного исполнения, модернизация.

MODERNIZATION OF RURAL POWER SUPPLY FACILITIES BY INTRODUCING A SUBSTATION ON RECLOSERS

M.M. Romantsov

KSPEU, Kazan, Russia

misharomansov02@gmail.com

The article proposes a solution for the modernization of rural substations of the medium voltage class by building an open switchgear based on reclosers on a pile foundation. A comparative analysis of the solutions presented on the market for the modernization of these facilities was also carried out.

Keywords: recloser, substation, complete outdoor switchgear, modernization.

На данный момент сельскохозяйственная отрасль испытывает подъем инвестиционных вложений и многие предприятия строят планы по повышению надежности, а также по увеличению эффективности объектов энергоснабжения основных потребителей. По данным представленным в обзоре экспортного профиля региона Республики Татарстан: на данный момент ключевыми экспортерами продукции агропромышленного комплекса являются предприятия занимающиеся производством масложировой, пищевой и перерабатывающей

промышленности. В общем процентном соотношении это почти 20% продукции от общей структуры экспорта страны [5]. Проблема повышения рабочих мощностей встает достаточно остро.

Поэтому вслед за данной тенденцией был проведен анализ рынка производителей высоковольтного оборудования и сделана экономическая сверка решения по данному вопросу. К рассмотрению были приняты три российских производителя.

Для начала обозначим начальные вводные данные для анализа: на предприятии «N» необходимо произвести модернизацию подстанции открытого типа с присоединением дополнительно пяти отходящих линий. Данная подстанция до модернизации имела односекционный пункт с одним вводным выключателем и пятью отходящими линиями (ОЛ), шкаф ОЛ использовалось решение КРУН10[1].

Задачи данного проекта:

- провести замену устаревшего оборудования подстанции;
- увеличением количества отходящих линий в сумме до десяти;
- организовать возможность дистанционного управления;

К рассмотрению были представлены, только вакуумная продукция, так как на данный момент является наиболее перспективной и актуальной [2].

Сравнение решений

Компания производитель	Электрощит-Самара	Таврида Электрик	НПП Контакт
Стоимость реализации проекта	4,5 млн	3,5 млн	4 млн
Время монтажа	7 дней	3 дня	7 дней
Доп. информация	- закупка РЗА сторонних производителей; - закупка ТТ, ТН; - закупка шкафа если он не типовой	собственная встроенная система измерения не требующая подбора под номиналы; комплект металлоконструкций; Типовое решение от одного производителя.	- закупка РЗА сторонних производителей; - закупка ТТ, ТН; -закупка шкафа если он не типовой
Время на новый фундамент	5 дней	2 дней	5 дней

Трудоемкость СМР	- демонтаж шкафов; - установка новых; -организация дополнительного фундамента.	демонтаж шкафов, организация места под установку свай для установки реклоузеров и доп.оборудования.	- демонтаж шкафов; - установка новых; -организация дополнительного фундамента.
Монтаж без привлечения крана	-	+	-
Доставка оборудования	60-80 дней	30 дней	60-80 дней

Приостанавливая работу основных цехов на долгий промежуток времени, предприятия несут достаточные экономические риски и это тоже необходимо иметь ввиду [3]. Наиболее подходящим оказалось решение компании «Таврида Электрик» на открытом распределительном устройстве на базе реклоузеров (ОРУ10 на реклоузерах — открытое распределительное устройство 10 кВ на реклоузерах РВА/TEL для модернизации и нового строительства ПС 35/10 кВ и РП 10(6) кВ)[4].

Данное решение решает задачи быстрого увеличения мощностей и реконструкции подстанции:

- решение не требует отстройки больших площадей под расширение, т.е. установка свай займет минимально возможный промежуток времени (2 суток).
- возможна организация диспетчерского дистанционного управления;
- быстрая наладка и ввод в эксплуатацию;

Источники

1. Исмоилов И. И., Грачева Е.И. Повышение управляемости энергетическими системами и улучшение качества электроэнергетики // Вестник Казанского государственного энергетического университета. — 2022. — Т. 14. — № 1(53). — С. 3-12.
2. Gracheva E, Alimova A., Gorlov A. Features of Structure of Electric Supply Systems of Industrial Enterprises // Proceedings - SUMMA 2020:2, Virtual, Lipetsk, 10–13 ноября 2020 года. — Virtual, Lipetsk, 2020. — P. 910-913.
3. Udaratin A., Loginov K., Akhmetov T., Nemirovskiy A. Modeling of application the FACTS devices on the example of power system of United

Power System of Center // E3s web of conferences – Prague, Czech Republic: EDP Sciences, 2020. – P. 01045.

4. ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ // www.tavrida.com URL: https://www.tavrida.ru/upload/iblock/630/TER_SubDoc_PG_3.pdf (дата обращения: 26.02.2023).

5. Экспортный профиль региона Республики Татарстана // aemcx.ru URL: <https://aemcx.ru/wp-content/uploads/2022/01/.pdf?ysclid=le14fwcknw755367293> (дата обращения: 20.02.2023).

УДК 621.314

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ТРАНСФОРМАТОРА

Д. С. Сабирзянов

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент О. В. Владимиров

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

dilys-s@yandex.ru

В статье представлена модель мониторинга трансформаторной подстанции с целью повышения надежности электроснабжения. Параметры отслеживаются благодаря платформе «Интернет-вещей». Были проанализированы и проверены системные данные.

Ключевые слова: трансформаторная подстанция, интернет-контроль, умные сети.

SMART SYSTEM FOR ASSESSING THE STATE OF THE TRANSFORMER

D.S. Sabirzyanov

KSPEU, Kazan, Russia

dilys-s@yandex.ru

The article presents a monitoring model of a transformer substation in order to increase the reliability of power supply. The parameters are tracked thanks to the Internet of Things platform. The system data was analyzed and verified.

Keywords: transformer substation, Internet control, smart grids.

Потребление электроэнергии увеличивается с каждым годом за счет развития технологий и роста населения. Существующая генерация электроэнергии, к сожалению, не всегда предоставляет нам данные о параметрах состояния трансформатора и сети, что делает ее негибкой. «Умные» сети помогут создать двунаправленную передачу данных, что поможет увеличить производительность системы в целом [1].

Smart Grid, или интеллектуальная сеть, объединяет энергосистему, устанавливает связь между предприятием и потребителями. Благодаря ей мы сможем повысить безопасность и эффективность системы, так как будем отслеживать состояние сети и параметры электрооборудования в режиме реального времени [1, 2].

Для того, чтобы понять, что необходимо изменить в традиционной энергосистеме, посмотрим на ее структуру на рисунке 1. Выработка электроэнергии происходит на электростанциях. Генерируемая мощность имеет низкое напряжение, которое повышается на повышающих электростанциях для эффективного распределения энергии. Передача ЭЭ осуществляется благодаря линиям электропередач на подстанции, а после происходит распределение к потребителям. В данной энергосистеме никак не осуществляется контроль за состоянием трансформатора и сети в целом, данные не отслеживаются.



Рис. 1. Схема традиционной энергосистемы

На замену данной схемы, предлагается альтернативная модель интеллектуальной энергосистемы, где данные о подстанции будут регистрироваться и анализироваться. Она создана на основе платформы

«Интернета-вещей», которая представлена на рисунке 2. Данная система мониторинга трансформаторной подстанции отслеживает основные параметры оборудования. Сбор информации осуществляется с помощью датчиков и контроллеров, которые подключены к сети [2].

Данная технология имеет два вида: связь малого радиуса и широкого. Для работы первого внедрена технология ZigBee, где связь осуществляется через IP-шлюз. Связь широкого радиуса использует оптоволокно и технологию спутниковой связи (Internet). Данные передаются датчиками на сервер интернета вещей по каналу связи через IP-шлюз. Таким образом, информация легко собирается и отслеживается пользователями в любой момент времени.

В схеме присутствуют датчики и контроллеры, которые собирают всю необходимую информацию и параметры с трансформатора и сети. А диспетчерский пункт получает собранную информацию о трансформаторе, и на основе данных совершается анализ его состояния [3].



Рис. 2. Схема интеллектуальной трансформаторной подстанции.

Благодаря непрерывному мониторингу мы сможем спрогнозировать появление дефекта в трансформаторе и предотвратить аварийную ситуацию, что в целом повысит производительность энергосистемы.

Источники

1. Канарейкин А. «Умные» трансформаторы для «умной» энергетики // Энергетика и промышленность России. 2012. № 08 с. 196.
2. Добрынин Е. В., Гаранин М. А., Блинкова С. А., Семушина Е. А. Система оперативной диагностики и контроля ресурса трансформаторов

тяговых подстанций // Приборы и методы измерений, контроля качества и диагностики в промышленности и на транспорте материалы Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. 2013. С. 318-323.

З. Гаранин М. А., Блинкова С. А. Разработка цифровой модели для управления энергетическим комплексом //Вестник транспорта Поволжья. 2019. № 3 (75). С. 22-27.

УДК 621.315

ПОВЫШЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ В ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ (ЛЭП) (на материалах зарубежных источников)

А.Р. Сафин

Науч. рук. канд. пед. наук, доцент Л.В. Доломанюк
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
artur.safin.1996@mail.ru

В данной статье проанализированы способы оптимизации работы ЛЭП. Рассмотрены новые конструктивные особенности повышения пропускной способности в линиях электропередач.

Ключевые слова: модернизация электроснабжения, напряжение, электротехника, информационно-измерительные приборы, воздушная линия.

POWER TRANSMISSION CAPACITY UPGRADE OF OVER HEAD LINES (on the materials of foreign resources)

A.I. Safin

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
artur.safin.1996@mail.ru

This article analyzes the ways to optimize the operation of power lines. New design features of increasing capacity in power transmission lines are considered.

Keywords: modernization of power supply, voltage, electrical engineering, information and measuring devices, overhead line.

На сегодняшний день открыто стоит вопрос увеличения

пропускной способности всей энергосистемы в целом путем внедрения как более простых решений, так и усовершенствованных. Прежде всего связано это с ростом потребности в качественной электроэнергии с использованием минимальных ресурсов для достижения такой задачи.

Цель исследования: рассмотреть возможные пути увеличения пропускной способности ЛЭП с использованием примитивных устройств, а также современных технологий.

Человечество всегда проявляло интерес к концепции получения "чистой энергии" на выходе. Целесообразным решением является установка различных агрегатов/устройств либо в одиночном исполнении, либо комплексно, которые в свою очередь будут поддерживать оптимальную планку передачи электроэнергии с наименьшими ее потерями.

С технической точки зрения пропускная способность электрической сети - это максимально допустимое значение, приближенное к идеальному, передаваемой мощности с учетом таких условий как длительная эксплуатация и параметров, влияющих на надежность электроэнергетической системы в целом. Пропускная способность электроэнергетической системы напрямую зависит от следующих параметров: напряжения в начале и в конце линии; длины линий ЛЭП, а также волновых характеристик [1].

Различают следующие варианты увеличения электротехнических характеристик для поддержания нормального уровня напряжения на всём промежутке ЛЭП, которые показали приемлемые результаты эксплуатационных способностей в различных условиях среды [2]:

1. Как всем известно, с увеличением протяженности ВЛ любого напряжения, происходит увеличение потерь электроэнергии в сети. В таком случае прибегают к простому методу, другими словами – реконструкция. А именно увеличение площади поперечного сечения кабеля для сохранения номинального напряжения сети. Однако есть и недочеты как с финансовой, электротехнической, так и с механической точки зрения на стальные/железобетонные конструкции ЛЭП и линейную арматуру. Помимо всего перечисленного стоит ограничение на протяженность такой линии;

2. Вторым из многочисленных методов является увеличение номинального напряжения в начале линии. Но с нововведением такого варианта следует помнить, что вся электрическая "начинка" будет требовать модернизации, начиная от изоляторов и заканчивая распределительными трансформаторными подстанциями, не говоря уже

об электрических схемах, которые также потребуют изменений;

3. Третий метод – это установка конденсаторных батарей в точке потребления. Хорошим показателем будет уменьшение реактивной мощности. К преимуществам конденсаторных установок можно отнести следующие критерии: простая установка и эксплуатация, минимизация шумов и вибраций во время работы по сравнению с окружающей средой, относительно низкая стоимость вложений [3].

В зависимости от подключения существуют следующие типы компенсации:

- I. Индивидуальная компенсация;
- II. Групповая компенсация;
- III. Централизованная компенсация.

- В первом случае индуктивная мощность стабилизируется в тех участках, где был произведен монтаж устройства компенсации реактивной энергии;

- Во втором случае конденсаторное устройство подключается. Таким образом, на данном этапе уже идет контроль нескольких участков, подключенных к этой же самой шине. Стоит помнить, что на данном этапе экономия проявляется в месте установки, монтаже, количестве, стоимости в отличие от первого варианта;

- В третьем случае конденсаторное устройство подключается уже к основному распределительному шкафу. Здесь также, как и во втором варианте, потребуется установка более мощного агрегата по причине того, что учитывается уже вся реактивная нагрузка электрической системы. [4]

4. Вольтодобавочный трансформатор (ВДТ), другими словами силовой трансформатор с возможностью регулировки напряжения под нагрузкой. Используется для регулировки напряжений в отдельных или нескольких магистралах ЛЭП. [5] Установка подобного типа трансформатора позволяет: устранять несимметрию напряжения на определенном участке цепи; снизить опасные последствия отгорания нулевого проводника, обеспечивает регулирование уровня напряжения в пределах $\pm 15\%$. [6]

5. Одним из существенных нововведений являются устройства, называемые FACTS. Это электропередачи переменного тока, оснащенные устройствами современной силовой электроники. Данная система позволяет мгновенно отслеживать характеристики энергообмена и преобразует функцию электрической сети из существующей «пассивной»

в «активную». Подключение осуществляется через шунт. Она работает как управляемый источник тока. Устройства, реализующие такую технологию: статические преобразователи напряжения на основе современной силовой электроники; электро-машиновентильные комплексы, то есть машины переменного тока со статическими преобразователями частоты; микропроцессорные средства управления (регулирования) устройствами. К его преимуществам можно отнести: многофункциональность; быстродействие; содержание наименьших высших гармоник; малые габариты, занимаемые полезную площадь в сравнении со статическими тиристорными компенсаторами; вероятность появления резонансных явлений наименьшая, а при снижении напряжения переходит в режим постоянного источника тока, таким образом, обеспечивая постоянное выходное напряжения. [7].

Рассмотрев все вышеизложенные варианты, можно сделать вывод, что на сегодняшний день интерес к системам FACTS связан со спросом на интеллектуально-развитую энергосистему. В активно-адаптивных сетях такие характеристики, как широкие рабочие диапазоны регулирования и высокое быстродействие, удаленный контроль за всеми процессами, минимизация использования полезного пространства становятся особенно востребованными.

Источники

1. Makens J. Upgrading Transmission capacity for wholesale electric power trade. // EIA. 2017. С.
2. Увеличения пропускной способности электропередач и снижение потерь активной мощности 04.09.2019 [Электронный ресурс]. <https://extxe.com/21688/uvelichenija-propusknoj-sposobnosti-jelektroperedach-i-snizhenie-poter-aktivnoj-moshhnosti> (дата обращения: 06.11. 2022).
3. Саитбаталова Р.С., Гибадуллин Р.Р., Загидуллин Р.Г. Ступенчатое регулирование батарей конденсаторов для обеспечения устойчивости нагрузки промышленных предприятий // Вестник КГЭУ. 2019. Том 11. № 1(41). С. 79-84.
4. Бирюлин В.И., Куделина Д.В. Разработка модели для анализа способов снижения несимметрии напряжений в системах электроснабжения // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2022. Том 24. №2. С. 72-85.
5. Бородин М.В., Виноградов А.В., Букреев А.В., Панфилов А.А. Структура времени определения источника искажений показателей

качества электрической энергии и программно-аппаратный комплекс для его сокращения // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2021. Том 23. № 6. С. 29-41.

6. Боярская Н.П., Довгун В.П., Егоров Д.Э., Новиков В.В., Шандрыгин Д.А. Минимизация потерь мощности в пассивных силовых фильтрах // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2021. Том 23. №6. С. 42-52.

7. Перминов Р.В., Потапов В.С., Трофимов Н.А., Джулакян М.В. Способы повышения пропускной способности линии электропередачи 2019 [Электронный ресурс]. <https://cyberleninka.ru/article/n/sposoby-povysheniya-propusknoy-sposobnosti-linii-elektroperedachi> (дата обращения 06.11. 2022).

УДК 621.311.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА НАПРЯЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Т.Н. Сафиуллин¹, Е.И. Грачева²

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

¹safiullin-slepoi@yandex.ru, ²grachieva.i@bk.ru

В статье проводится анализ результатов исследования показателей качества напряжения в системах электроснабжения. Результаты измерений сравниваются с нормативной документацией, а также производится статистическая обработка полученных данных.

Ключевые слова: система электроснабжения, качество электроэнергии, статистическая обработка данных.

STUDY OF VOLTAGE QUALITY INDICATORS IN POWER SUPPLY SYSTEMS

T.N. Safiullin¹, E.I. Gracheva²

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

¹safiullin-slepoi@yandex.ru, ²grachieva.i@bk.ru

The article analyzes the results of a study of voltage quality indicators in power supply systems. The measurement results are compared with the normative documentation, and the statistical processing of the obtained data is also carried out.

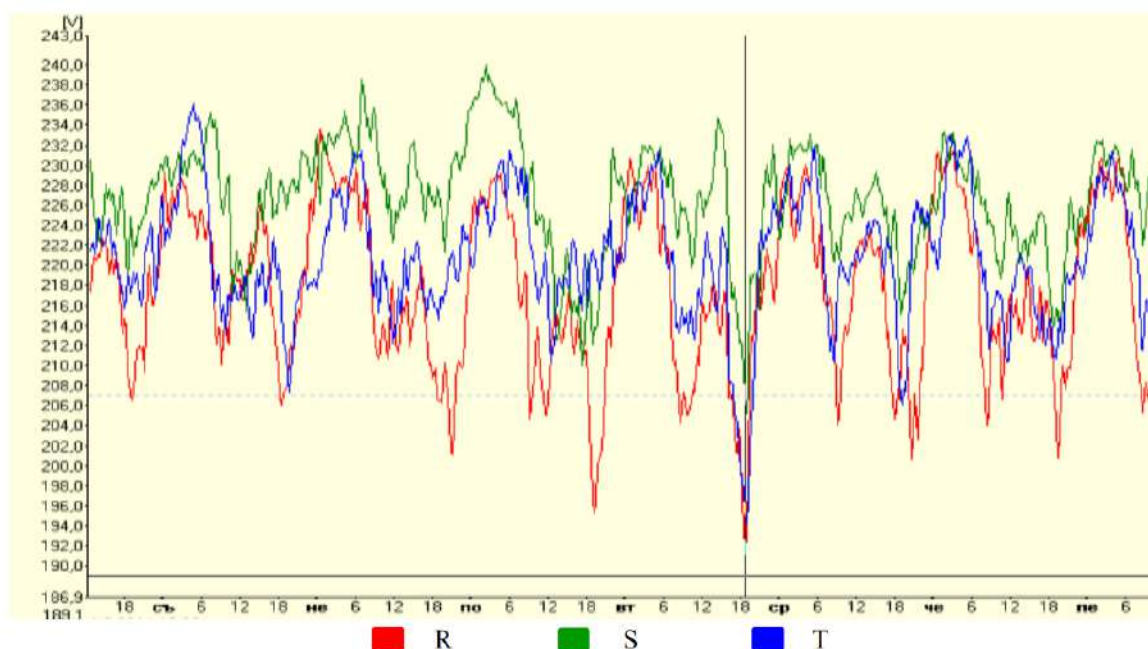
Keywords: power supply system, power quality, statistical data processing.

Измерения проводились в сельской местности, анализатором качества электрической энергии DT-175CV1. В качестве точки измерения выбран домовый электрощит.

Из данных, записанных прибором, видно, что частота источника питания за период измерения практически постоянна. Получаем, следующие данные максимальная частота сети 50,07 Гц, минимальная частота сети 49,91 Гц.

Как итог, данные величины в полной мере соответствуют установленным нормам, нормально допустимые и предельно допустимые отклонения частоты равны $\pm 0,2$ и $\pm 0,4$ Гц соответственно.

На рисунке показано изменение эффективных значений фазных напряжений за период измерения – для фаз R, S и T.



Изменение фазных напряжений

В таблице приведены минимальные и максимальные значения фазного напряжения. Максимальные отклонения напряжения соответственно: -16,9% для фазы R, -10% для фазы S и -15% для фазы T.

Значения фазных напряжений

Величина	Фаза	Минимум	Максимум
Фазное напряжение, В	R	191,2	233,6
	S	206,9	241,9
	T	195,6	236,3

По экспериментальным данным, видно, что отклонения напряжения вне допустимого диапазона для фазы R в 11,1% случаев, для фазы S только в 0,3% случаев и для фазы T в 2,2% случаев. Следовательно, значения напряжения фазы S и фазы T на 95% периода измерения находятся в допустимом диапазоне 10% от номинального напряжения (от 207 до 253 В), которые регламентируются в ГОСТ 32144 – 2013 и ГОСТ 29322-2014 [1, 2]. Отклонение напряжения фазы R не соответствует требованиям, так, как только в 88,9% случаев находится в пределах допустимого диапазона, а это может нарушить работу большинства бытовых приборов [3, 4].

На основании анализа и измерений можно дать следующие рекомендации: - часть потребителей запитать от другой подстанции, или увеличить мощность питающего трансформатора; - увеличить сечение проводников электросети; - обеспечить лучшую симметрию нагрузки между отдельными фазами [5].

Источники

1. ГОСТ 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: Стандартинформ, 2014.

2. ГОСТ 29322-2014. Напряжения стандартные. М.: Стандартинформ, 2015.

3. Геркусов А.А., Грачева Е.И., Шумихина О.А. Влияние несимметричной нагрузки на потери электроэнергии в распределительных сетях 0,4-20 кВ // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2022. Т. 14. №2 (54). С. 15-28.

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

5. Грачева Е.И., Горлов А.Н., Алимова А.Н. Исследование и оценка потерь электроэнергии в системах внутрицехового электроснабжения // Научная электронная библиотека URL: <https://elibrary.ru/> (дата обращения: 25.01.23).

РАЦИОНАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АККУМУЛЯТОРНЫХ ПОДСТАНЦИЙ С РЕДОКС- БАТАРЕЯМИ

Д.И. Спиридонов

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Г. Сошинов

КТИ (филиал) ВолгГТУ, г. Камышин, Россия

spiridonov.dmitrij.01@mail.ru

В статье произведён краткий анализ аккумуляторных подстанций, определены их преимущества и недостатки. Рассмотрено устройство редокс-батарей и целесообразность установки их установки аккумуляторных подстанциях.

Ключевые слова: аккумулятор, подстанции, редокс-батареи, электролиты, энергоэффективность.

RATIONALITY OF USING BATTERY SUBSTATIONS WITH REDOX BATTERIES

D.I. Spiridonov

KTI (branch) VolgSTU, Kamyshin, Russia

spiridonov.dmitrij.01@mail.ru

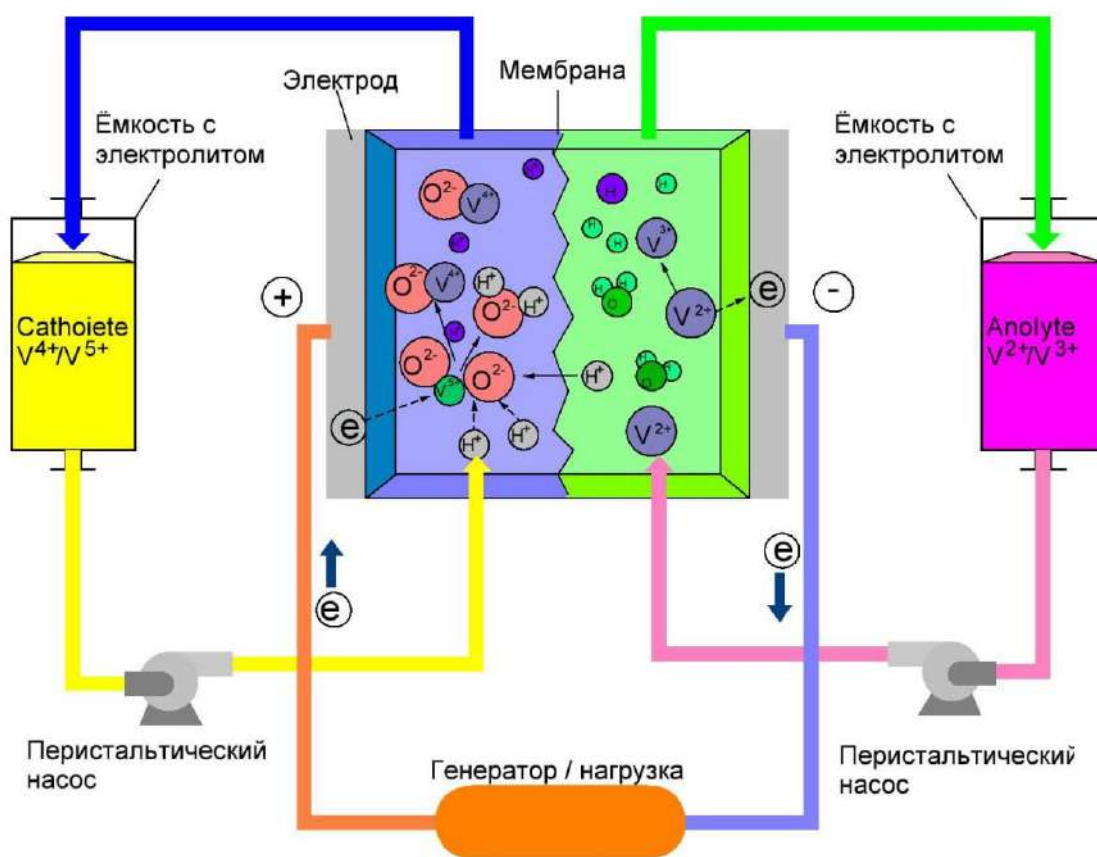
The article provides a brief analysis of battery substations, identifies their advantages and disadvantages. The device of redox batteries and the feasibility of installing them in battery substations are considered.

Keywords: battery, substations, redox batteries, electrolytes, energy efficiency.

Тема накопления электроэнергии не только остаётся актуальной год от года, но и становится всё более популярной. В качестве модульных накопителей электрической энергии можно рассматривать аккумуляторные электростанции, позволяющие запасать энергию в химической форме. Подобный форм-фактор и концепция позволяют повысить надёжность передачи электроэнергии, благодаря предотвращению аварийного отключения. Тип используемых аккумуляторов определяется спецификой и нуждами потребителя, а также задачами, на которые рассчитывается применение станции. Размещаются батареи в отдельных боксах или контейнерах. Конечно же,

по аналогии с портативными аккумуляторами, в аккумуляторных подстанциях электрохимическая энергия может использоваться исключительно в виде постоянного тока, который в дальнейшем можно преобразовать в переменный посредством использования инверторов.

Исходя из типов источников энергии, каждый из которых отличается плотностью запасаемой энергии, для задачи бесперебойного электроснабжения потребителей самыми экономичными и энергоэффективными можно считать стационарные редокс-батареи (см. рисунок).



Визуализация физико-химических процессов, происходящих в редокс-батареях

Проточная батарея – это устройство, состоящее из баков наполненных заряженными и разряженными электролитами [1]. Взаимодействие электролитов происходит в главной баке, который разделёны мембраной. В системе также предусмотрены насосы, обеспечивающие движение потока электролитов. Одним из преимуществ такой системы является её модульность, которая обеспечивает множество преимуществ. При рассмотрении экономической стороны вопроса, можно сделать вывод, что внушительными будут лишь эксплуатационные

затраты, в то время, как эксплуатация будет сопровождаться минимальными тратами. Благодаря разделению системы на компоненты, значительно упрощается ремонт и замена вышедших из строя частей. Другим преимуществом будет являться гибкость системы, связанная с возможностью подбора размеров резервуаров под требуемые параметры и цели, а также регулирования количества уже имеющегося раствора.

Говоря о недостатках, следует упомянуть, что в современных редокс-батареях используется достаточно малая концентрация активного вещества, что является причиной низкого показателя энергоэффективности. Оптимизируя этот показатель, можно значительно расширить возможности применения рассматриваемых устройств. Однако постоянно повышать концентрацию невозможно, поэтому в современных редокс-батареях используется гибридная система часть, схожая по принципу работы с литиевым аккумулятором и часть, выступающая в роли жидкого окислителя.

Важную роль играет и температура. Если подобные аккумуляторные станции с редокс-батареями получают своё развитие, то возникнет вопрос возможности применения их для потребителей, находящихся в различных климатических зонах и условиях, температура которых будет иметь очень широкий диапазон. Соответственно, требуется предусмотреть поддержанием постоянной температуры, необходимой для нормальной работы установки и стабильного протекания химических реакций.

Преимуществом рассматриваемых аккумуляторных подстанций является их способность к практически мгновенному запуску и продолжительному времени включения, которое, ко всему прочему, сопровождается низким уровнем производственного шума. Подобный тип электростанций хорошо справляется с пиковыми нагрузками, вызывающими колебания напряжения в сети, что позволяет им быть наиболее надёжным участком всей системы электроснабжения.

Главный минус рассматриваемой установки будет проявляться в случае аварийной ситуации при использовании гибридной системы с применением литиевого аккумулятора, в состав которого входят некоторые токсичные вещества, способные негативно сказаться на составе почвы. Утечка электролита также может повлиять и на циклы почвообразования.

Источники

1. Ци, Чжаосян; Кениг, Гэри М. (12 мая 2017). "Обзорная статья: Системы проточных батарей с твердыми электроактивными материалами". Журнал вакуумной науки и техники В, Нанотехнологии и микроэлектроника: материалы, обработка, измерения и явления. 35 (4): 040801. Бибкод: 2017JVSTB.35d0801Q. doi: 10.1116/1.4983210. ISSN 2166-2746

УДК 620.9

ПЕРСПЕКТИВЫ ЛОКАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Д.А. Ульбрехт¹, М.А. Фролова²

Науч. рук. старший преподаватель О.О. Ахмедова

КТИ (филиал) ФГБОУ ВО «ВолгГТУ», г. Камышин, Россия

¹danil22013@mail.ru, ²margo22010f@gmail.com

В статье рассматривается проблемы электроснабжения удаленных регионов от единой энергетической системы. Произведен анализ и предложен метод локального электроснабжения промышленных предприятий. Рассмотрены электростанции с определением ключевых преимуществ применения в непосредственной близости к потребителям.

Ключевые слова: Электроэнергетика, ВИЭ, автономные системы, экология, локальное электроснабжение.

PROSPECTS FOR LOCAL POWER SUPPLY OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

D.A. Ulbrecht¹, M.A. Frolova²

Kamyshinsky Technological Institute (branch) VolgSTU, Kamyshin, Russia,

¹danil22013@mail.ru, ²margo22010f@gmail.com, ³Ahmedova-olga@mail.ru

The article deals with the problems of power supply to remote regions from a single energy system. The analysis is made and the method of local power supply of industrial enterprises is offered. Power plants are considered with the definition of the key advantages of using in close proximity to consumers.

Keywords: power industry, RES, autonomous systems, ecology, local power supply.

Автономное электроснабжение – это система, которая обеспечивает энергоснабжение предприятия без подключения к межрегиональной сети. Она может использоваться для обеспечения непрерывного электроснабжения и даже для компенсации перегрузок в межрегиональной сети. В последнее время автономное электроснабжение становится все более популярным решением для промышленных предприятий. Оно может быть эффективно использовано для предотвращения простоев электроснабжения, а также для уменьшения зависимости предприятия от межрегиональной сети. Таким образом, автономное электроснабжение предприятий может существенно улучшить эффективность производства и повысить надежность энергоснабжения предприятия. Оно также может помочь предприятиям использовать альтернативные источники энергии, например, солнечную и ветряную энергию, что поможет снизить их затраты на покупку электроэнергии и повысить экологичность производства.

Основные преимущества автономного электроснабжения промышленных предприятий включают в себя [1]:

1. Надежность. Позволяет предприятию работать независимо от внешних сетей электроснабжения, поэтому нет перебоев и непредвиденных отказов в электроснабжении.

2. Снижение затрат. Автономное электроснабжение позволяет снизить затраты на покупку электроэнергии. Затраты на обслуживание такой системы значительно ниже.

3. Гибкость. Предприятие может получать и использовать электроэнергию в соответствии с его потребностями, а не по графику, выпускаемому системой центрального электроснабжения.

4. Экологичность. Автономное электроснабжение использует энергоэффективные решения, что позволяет предприятию существенно снизить свое воздействие на окружающую среду.

Для организации автономного электроснабжения предприятия используются различные технологии. Автономное электроснабжение на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ) – это система, предназначенная для предоставления надежного электроснабжения в отсутствие централизованной электрической сети. Такая система может быть полезна для людей и организаций, которые живут и работают в отдаленных областях, где постоянное электроснабжение невозможно или недоступно [2].

В основе такого снабжения лежат автономные источники электроэнергии, основанные на ВИЭ которые могут состоять из возобновляемого источника энергии, такого как солнечная панель, ветряной турбины, водородной батареи [3][4].

Для гарантированного и надежного электроснабжения предприятия используются разнообразные системы автоматической защиты и автоматического контроля [5].

Преимущества автономного электроснабжения на основе ВИЭ по сравнению с централизованными электрическими системами включают в себя экономию на проводах, отсутствие потерь электроэнергии и независимость от поставщиков электроэнергии. Такие системы не требуют постоянного обслуживания, что делает их более доступными для пользователей. Они также являются экологически чистыми и безопасными для окружающей среды. Автономная электросеть на основе ВИЭ является одним из самых перспективных способов поддержания надежного электроснабжения в отсутствие основной централизованной электрической сети.

Источники

1. Малая энергетика России, проблемы и перспективы. Дьков А.Ф. 2003
2. Малая энергетика России // <https://cyberleninka.ru/article/n/malaya-energetika-rossii-analiz-tekuschego-sostoyaniya-i-perspektivy-razvitiya?ysclid=ler3fbuydr792690556>
3. Абук Магомедов. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. Махачкала: Издательско-полиграфическое объединение "Юпитер", 1996. - 245с.
4. Твайделл Дж., Уэйр А. Возобновляемые источники энергии: Пер. с англ. - М. Энергоатомиздат. 1990. - 392 с.
5. "Энергосовет". Портал по энергосбережению и энергоэффективности. Каталог энергосберегающих технологий. Возобновляемые источники энергии [Электронный ресурс] - <http://www.energsovet.ru/entech.php?id=20>.

КОРРЕКЦИЯ КОЭФФИЦИЕНТА МОЩНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ШУНТИРУЮЩИХ КОНДЕНСАТОРОВ, ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПИТАЮЩЕГО НАПРЯЖЕНИЯ И СНИЖЕНИЕ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ

Р.О. Хвостовец¹, О.А. Хвостовец²

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор Е.И. Грачева

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

^{1,2}epp.kgeu@mail.ru

В тезисе рассматривается активное энергопотребление и потери на промышленных и коммерческих объектах в зависимости от параметров качества питающего напряжения. Шунтирующие конденсаторы для коррекции коэффициента мощности непосредственно влияют на уровень напряжения питания и гармонические искажения напряжения питания и тока и, следовательно, влияют на потери мощности в промышленных установках, особенно в асинхронных двигателях. Обсуждается влияние конденсаторов на уровень напряжения питания и гармонические искажения.

Ключевые слова: потери энергии, точка общего соединения, уровень напряжения, номинальное напряжение, шунтирующие конденсаторы.

CORRECTION OF THE POWER FACTOR WHEN USING SHUNT CAPACITORS, IMPROVING THE QUALITY OF THE SUPPLY VOLTAGE AND REDUCING POWER LOSSES

R.O. Khvostovets¹, O.A. Khvostovets²

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

^{1,2}epp.kgeu@mail.ru

The thesis considers active energy consumption and losses at industrial and commercial facilities depending on the quality parameters of the supply voltage. Shunt capacitors for power factor correction directly affect the supply voltage level and harmonic distortions of the supply voltage and current, and therefore affect power losses in industrial installations, especially in asynchronous motors. The influence of capacitors on the supply voltage level and harmonic distortion is discussed.

Keywords: energy losses, point of common coupling, voltage level, rated voltage, Shunt Capacitors.

Проблемы с качеством питающего напряжения в энергосистеме потребителя часто возникают в связи с помехами и отказами (например, нарушения напряжения, гармонические резонансы) [1]. Качество питающего напряжения напрямую влияет на потребление активной и реактивной мощности и потери мощности в энергосистеме потребителя, особенно в асинхронных двигателях, трансформаторах и конденсаторах [2].

Рассмотрим энергетическую систему, представленную на рис. 1. Конденсаторная батарея подключается к шине, где емкость короткого замыкания является шунтом общей связи [3].

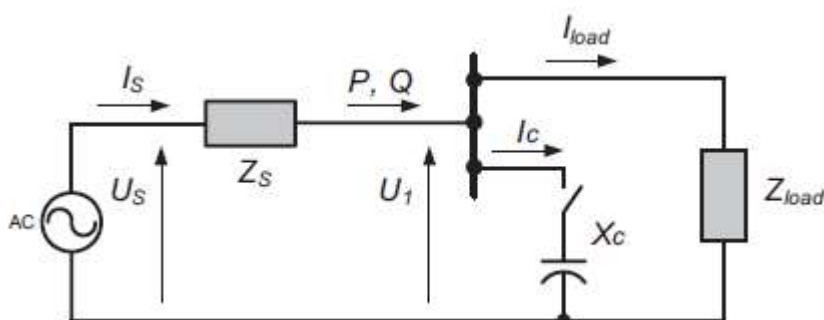


Рис.1 Система питания с шунтирующей конденсаторной батареей и сопротивлением нагрузки Z

При включении конденсаторов напряжение питания U_1 в точке общей связи будет увеличиваться по мере уменьшения падения напряжения в импедансе системы [4]. Предполагая, что U_s остается постоянным, падение фазного напряжения в импедансе системы равно (1):

$$\Delta U = \frac{PR_s}{U_1} + (Q_{load} - Q_c) \frac{X_s}{U_1} \quad (1)$$

Повышение фазного напряжения из-за подключения конденсаторной батареи составляет (2):

$$\Delta U_1 = -(R_s + jX_s) I_c \quad (2)$$

И в случае, если мы пренебрегаем R_s , поскольку X_s намного выше (3):

$$\Delta U_1 \approx X_s |I_c| = \frac{X_s}{X_c} \cdot |U_1| \quad (3)$$

где, X_s - реактивное сопротивление конденсатора, Ом; U_1 – напряжение питания, В; R_s - активное сопротивление конденсатора, Ом; Q_s – реактивная мощность конденсаторов, ВА.

В реальных установках явление резонанса не будет резким из-за активного и индуктивного сопротивлений в цепи.

На основе исследований и измерений на месте можно было бы сделать следующие выводы.

Источники

1. Грачева Е.И., Наумов О.В. Уточнение величины эквивалентного сопротивления цеховых сетей // Надежность и безопасность энергетики. 2015. №3. С. 34–36.

2. Грачева Е.И., Сафин А.Р., Шагидуллин А.В., Хаерова А.Н. Моделирование законов изменения функциональных параметров низковольтных аппаратов // Надежность и безопасность энергетики. 2014. №3. С. 66–69.

3. Грачева Е.И., Алимова А.Н., Абдуллазянов Р.Э. Анализы и способы расчета потерь активной мощности и электроэнергии в низковольтных цеховых сетях. Вестник КГЭУ 2018. №4 (40). С.53-65.

4. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Ларин О.М., Грачева Е.И., Танцюра А.О. Выявление источника фликера в системах электроснабжения // Известия Высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. №5. С. 3-12.

УДК 621.31

КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА ГОРЯЧЕЙ ТОЧКИ ТРАНСФОРМАТОРА

О.А. Хвостовец¹, Р.О. Хвостовец²

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор Е.И. Грачева

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

^{1,2}epp.kgeu@mail.ru

Оперативный мониторинг силовых трансформаторов может обеспечить четкое представление об их состоянии и поведении при старении. В тезисе предлагается нейронное моделирование и локальный статистический подход к диагностике неисправностей для обнаружения зарождающихся неисправностей в силовых трансформаторах. Этот метод позволяет обнаружить отказы трансформаторов на ранних стадиях и с его помощью можно определить критические условия для

электросети. Также могут быть идентифицированы источники неисправностей в модели силового трансформатора.

Ключевые слова: моделирование, силовой трансформатор, мониторинг, номинальное напряжение, старение трансформатора.

MONITORING THE STATE OF POWER TRANSFORMERS USING SIMULATION AND ANALYSIS OF THE HOT POINT OF THE TRANSFORMER

O.A. Khvostovets¹, R.O. Khvostovets²

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

^{1,2}epp.kgeu@mail.ru

Operational monitoring of power transformers can provide a clear picture of their condition and behavior during aging. The thesis proposes neural modeling and a local statistical approach to fault diagnosis to detect incipient faults in power transformers. This method makes it possible to detect transformer failures at early stages and with its help it is possible to determine critical conditions for the power grid. The sources of faults in the power transformer model can also be identified.

Keywords: modeling, power transformer, monitoring, rated voltage, transformer aging.

Силовые трансформаторы относятся к числу наиболее дорогостоящего оборудования системы передачи и распределения электроэнергии, и мониторинг их состояния важен для бесперебойного и надежного функционирования электросети [1].

Согласно опросу IEEE, частота отказов масляных трансформаторов в год составляет 0,00625. Следовательно, во группе из 100 трансформаторов десять столкнутся с проблемами в ближайшие 16 лет. Согласно международному исследованию, проведенному CIGRE, типичная частота отказов силовых трансформаторов находится в диапазоне 1-2% в год для крупных силовых трансформаторов с рабочим напряжением до 300 кВ. Среднее значение горячей точки несколько десятилетий назад составляло 50°C, в то время как в нынешних условиях эксплуатации оно составляет около 73°C [2].

Этапы получения аналитической модели теплового поведения силового трансформатора [3]:

Расчет температуры масла в трансформаторе по току в момент времени (1):

$$\Delta\Theta_{TO,U} = \Delta\Theta_{TO,R} \left[\frac{I_L^2 R + 1}{R + 1} \right]^q \quad (1)$$

Где, $\Delta\Theta_{TO,U}$ - предельное повышение верхней температуры масла, °С; $\Delta\Theta_{TO,R}$ - номинальное превышение верхней температуры масла над температурой окружающей среды, °С; I_L – ток нагрузки, А.

Максимальное повышение температуры в горячей точке (2):

$$\Delta\Theta_{HS,U} = \Delta\Theta_{HS,R} I_L^{2\beta} \quad (2)$$

Где, β — эмпирически полученный показатель степени, зависящий от метод охлаждения; $\Delta\Theta_{HS,U}$ - это превышение температуры в горячей точке над верхним слоем масла, °С; $\Delta\Theta_{HS,R}$ - это номинальное превышение температуры в горячей точке над верхним слоем масла, °С.

Добавив суммарное значение от максимального верхнего уровня масла к повышению температуры в горячей точке, получим температуру горячей точки (3):

$$\Theta_{HS} = \Theta_{TO} + \Delta\Theta_{HS} \quad (3)$$

В результате, для защиты силовых трансформаторов были введены консервативные коэффициенты безопасности, которые предотвращают перегрев трансформатора. Следовательно, расчетная максимальная передача мощности может быть на 20-30% меньше или хуже реальной мощности трансформатора [4].

Источники

1. Грачева Е.И., Наумов О.В. Взаимосвязь характеристик силовых трансформаторов и их нагрузочной способности // Вести высших учебных заведений Черноземья, 2019. №1. С. 45–55.

2. Грачева Е.И., Сафин А.Р., Шагидуллин А.В., Хаерова А.Н. Моделирование законов изменения функциональных параметров низковольтных аппаратов // Надежность и безопасность энергетики. 2014. №3. С. 66–69.

3. Конюхова Е.А. Электроснабжение: учебник для вузов. М.: Издательский дом МЭИ, 2014. 502 с.

4. Rigatos, G., & Siano, P. Power transformers' condition monitoring using neural modeling and the local statistical approach to fault diagnosis. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 80, 2016, 150–159.

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ В ЭЛЕКТРОСЕТЯХ РАЗНОГО КЛАССА НАПРЯЖЕНИЯ

Е.И. Чернов

Науч. рук., к.ф-м.н., доцент Н.В. Денисова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

wertyguer@gmail.com

В данной статье проанализированы современные технологии, позволяющие снизить потери в цеховых трансформаторных подстанциях. Рассмотрена эффективность применения трансформаторов с магнитопроводом из аморфной стали.

Ключевые слова: снижение потерь, цеховые трансформаторные подстанции, накопители электроэнергии, аморфные сплавы, аморфные трансформаторы, несимметрия нагрузок.

TECHNOLOGIES FOR REDUCING LOSSES IN POWER GRIDS DIFFERENT VOLTAGE CLASS

E.I. Chernov

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

wertyguer@gmail.com

This article analyzes modern technologies that reduce losses in shop transformer substations. The efficiency of the use of transformers with a magnetic core made of amorphous steel is considered.

Keywords: loss reduction, shop transformer substations, power storage, amorphous alloys, amorphous transformers, load asymmetry.

Наша жизнь невозможна без потребления электричества. Ее используют все, начиная от подзарядки телефона, заканчивая заводами. Электроэнергия проходит тысячи километров, прежде чем поступит к потребителю. По данным разных источников, потери электроэнергии в распределительной сети в МРСК/РСК ПАО «Россети» в разных ее частях составляют от 3 до 23% [1]. В масштабах целой страны это существенные показатели.

Цель данного исследования: выявить возможные способы улучшения систем электроснабжения и энергосбережения.

Мероприятия по снижению потерь электроэнергии делятся на: организационные, технические, мероприятия по улучшению учета электроэнергии.

К организационным мероприятиям относятся оптимизация схем электроснабжения, выравнивание загрузки фаз и т.п. В сетях 6-20 кВ несимметрия загрузки фаз увеличивает потери, по сравнению с загруженной сетью, к тому же, с увеличением несимметрии резко возрастают и потери электроэнергии. Для их снижения в данных сетях следует применять выравнивание величин нагрузок по фазам с их последующим мониторингом и компенсация токов обратной последовательности. Этого можно достичь распределением общей мощности конденсаторных батарей между фазами так, чтобы они создавали ток обратной последовательности равный направленный противоположно току обратной последовательности нагрузки [2].

К техническим относится компенсация реактивной мощности. Этого можно добиться, используя установки компенсации реактивной мощности, конденсаторные батареи и синхронные двигатели. Благодаря своим техническим свойствам они снижают потери реактивной мощности и повышают коэффициент мощности [3]. Другим техническим мероприятием является замена недогруженного трансформатора на трансформатор меньшей номинальной мощности. При недогрузке трансформатора его коэффициент мощности может снизиться до значений 0,1-0,2, так как потери холостого хода в нем постоянны. У трансформаторов меньшей номинальной мощности значения потерь холостого хода ниже [4].

Так же для снижения потерь на холостой ход в трансформаторах можно применять сердечники из аморфной стали. Трансформатор на протяжении всех 24 часов в течение дня теряет энергию на создание магнитного потока, который не зависит от его загрузки [5]. Атомы в аморфных материалах расположены хаотично и близко друг к другу. Данное свойство повышает их электрическое сопротивление. Потери на холостой ход возникают вследствие намагничивания сердечника. Далее в сердечнике возникают токи. Благодаря своему большому сопротивлению, в аморфных сердечниках возникающие токи значительно ниже, чем в традиционных трансформаторах [6].

Следующим мероприятием является внедрение системы накопления электроэнергии в электросети [7]. Их применение обосновано

тем, что потребители не используют энергию по одному графику. Есть часы максимума и минимума использования энергии. В часы максимума возникают провалы напряжения, которые влекут повышение потерь энергии. Если же в эти часы использовать накопители энергии, чтобы они отпускали энергию, то это приведет к снижению провалов напряжения и потерь электроэнергии. Система накопления в средние часы потребления энергии не будет работать, а в часы минимума потребления будет потреблять из сети электроэнергию, чтобы в будущем в часы максимума ее отдавать.

Все перечисленные мероприятия можно использовать для снижения потерь электроэнергии и снижения затрат на ее поставку потребителю. Использование трансформаторов с сердечниками из аморфной стали позволит промышленным предприятиям и энергоснабжающим организациям снизить потери энергии, внедрение систем накопления энергии позволит стабилизировать электроснабжение предприятий и бытовых потребителей.

Источники

1. В.Э. Воротницкий. Анализ динамики, структуры и мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях России и за рубежом // Энергоэксперт. 2017. С. 1-21.
2. Геркусов А.А., Грачева Е.И., Шумихина О.А. Влияние несимметричной нагрузки на потери электроэнергии в распределительных сетях 0,4-20 кв // Вестник казанского государственного энергетического университета. 2022. С. 15-28.
3. Хрольский В.Я., Ефанов А.В., Ершов А.Б., Ястребов С.С. Технические мероприятия по снижению потерь электроэнергии в сельских электрических сетях // Сборник научных статей II Международного молодежного конгресса. 2017. С. 215-225.
4. Лукьянов М.Р. Определение целесообразности замены незагруженных силовых трансформаторов // Современные научные исследования и разработки. 2018. С. 555-556.
5. Atabak Najafi, Ires Iskender. Comparison of core loss and magnetic flux distribution in amorphous and silicon steel core transformers // Electrical Engineering. 2017. P. 1125-1131.
6. B.Sai Ram, aA.K.Paul, S.V.Kulkarni. Soft magnetic materials and their application in transformers. 2021.
7. Бахтеев К.Р. Создание гибридного накопителя электроэнергии большой мощности для предотвращения кратковременных

нарушений электроснабжения промышленных потребителей // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2017. Т. 20. № 3-4. С.36-44. doi: 10.30724/1998-9903-2018-20-3–4-36-44.

УДК 621.311

ОБЗОР МЕТОДОВ АНАЛИЗА РАСТВОРЕННЫХ ГАЗОВ В СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРАХ

А.З. Шайхуллин¹, М.Ф. Низамиев²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹a6968271@gmail.com, ²marat.nizamiev.90@mail.ru

Проведён обзор методов анализа растворенных газов в силовых трансформаторах. Проанализированы два различных подхода получения результатов анализа растворенного газа, к которым относятся отношения Международной электрохимической комиссии (МЭК), коэффициенты Доернебурга, и коэффициенты Роджерса. Предложена новая модель, основанная на машинном обучении, для анализа растворенного газа изоляционного масла в силовых трансформаторах.

Ключевые слова: растворенные газы, диагностика трансформатора, анализ газов, мониторинг состояния, машинное обучение.

OVERVIEW OF THE ANALYSIS OF DISSOLVED GASES IN POWER TRANSFORMERS

A.Z. Shaikhullin¹, M.F. Nizamiev²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

¹a6968271@gmail.com, ²marat.nizamiev.90@mail.ru

A review of methods for the analysis of dissolved gases in power transformers has been carried out. Two different approaches to obtaining dissolved gas analysis results are analyzed, which include International Electrochemical Commission (IEC) ratios, Doerneburg coefficients, and Rogers coefficients. A new model based on machine learning is proposed for the analysis of dissolved gas of insulating oil in power transformers.

Keywords: dissolved gases, transformer diagnostics, gas analysis, condition monitoring, machine learning.

Силовые трансформаторы считаются ядром электроэнергетических систем, и от их рабочего состояния зависит, является ли сеть управляемой

или нет. Силовые трансформаторы имеют тенденцию к разложению и выделению некоторых газов во время работы. Эти газы растворяются в изоляционном масле из-за напряжения (электрического напряжения, механического напряжения и термического напряжения соответственно). DGA требует регулярного отбора проб масла и современных технологий для оперативного мониторинга газа. Ключевым шагом в использовании газового анализа для обнаружения неисправностей является правильная диагностика неисправности [4], вызвавшей образование газов. Ненормальные электрические или термические напряжения приводят к разрушению изоляционного слоя и выделению небольшого количества газов. Тип неисправности зависит от выбранного газа. Обнаружение определенного уровня газов, образующихся в маслонаполненном трансформаторе в процессе эксплуатации, часто является первым доступным признаком неисправности, которая может привести к выходу трансформатора из строя, если ее не устранить. Возможные механизмы образования газа включают образование дуги, коронный разряд [3], искрообразование низкой энергии, перегрев изоляции из-за сильной перегрузки и отказ систем принудительного охлаждения. Неисправности в маслонаполненных трансформаторах могут быть идентифицированы в соответствии с выделяемыми газами и газами, которые являются типичными или преобладающими при различных температурах. В большинстве случаев газами являются водород (H_2), метан (CH_4), этилен (C_2H_4), этан (C_2H_6), ацетилен (C_2H_2), монооксид углерода (CO) и двуокись углерода (CO_2). При каждом типе неисправности образуются газы, которые, как правило, являются горючими.

За последние несколько десятилетий было предложено два различных подхода к получению результатов анализа растворенного газа. Они относятся к математическим подходам [1], к которым относятся отношения Международной электрохимической комиссии (МЭК), коэффициенты Доернебурга, и коэффициенты Роджерса. Однако у этих подходов есть некоторые ограничения, такие как неполное кодирование и отсутствие различия границ разломов. Этими подходами трудно точно описать рабочее состояние силовых трансформаторов из-за их ограничений, даже если они просты в эксплуатации. Между тем, математические подходы не могут дать интерпретацию разломов или возможных тенденций.

В этом исследовании предлагается новая модель, основанная на машинном обучении, для анализа растворенного газа изоляционного масла в силовых трансформаторах. Для оценки предложенной модели проведены экспериментальные исследования. Как показывают результаты

экспериментов для различных входных данных (коэффициент состава, и, данные четырьмя отношениями Роджерса), модель машинного обучения превосходит точность распознавания, коэффициент точности и коэффициент полноты. Что касается точности распознавания, LSTM (модель машинного обучения) достигает 95,86%, что явно выше, чем в методе Роджерса 82,90% [2].

Таким образом, оптимизация сочетания различных методов диагностики является важным вопросом [5]. Более того, вышеупомянутые методы диагностики DGA просты в вычислительном отношении при компьютерном моделировании, машинном обучении и эффективны для диагностики серьезных неисправностей.

Источники

1. Сафин А.Р., Хуснутдинов Р.Р., Копылов А.М., Максимов В.В., Цветков А.Н., Гибадуллин Р.Р., Петров Т.И. Разработка метода топологической оптимизации электрических машин на основе генетического алгоритма // Вестник КГЭУ. 2018. №4(40). С.77-85.

2. Шайхуллин А.З., Низамиев М.Ф. Метод и Алгоритм моделирования диагности для силового трансформатора на основе машинного обучения // Современная наука и актуальные проблемы теории и практики Естественные и технические науки №11 2022 (Ноябрь) С 169-178. ISSN 2223-2966 DOI 10.37882/2223–2966.2022.11.41

3. Русов, В. А. Измерение частичных разрядов в изоляции высоковольтного оборудования. — Ек.: УрГУПС, 2011. — С. 368. — ISBN 978-5-94614-177-2

4. Гафуров А.М., Осипов Б.М., Гатина Р.З., Гафуров Н.М. Возможные пути снижения выбросов углекислого газа. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017;19(9-10):21-31. <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2017-19-9-10-21-31>

5. Глаголева О. Ф., Пискунов И. В // Энергосбережение - приоритетная задача современной нефтегазопереработки // Деловой журнал Neftegaz.RU. 2021. No 1(109). С. 32

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА В ЦЕЛЯХ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ 6- 10 кВ

И.А. Шкарупа

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доцент Н.В. Денисова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», Республика Татарстан, г. Казань, Россия
shkarupa.ivan16@gmail.com

В статье предложен способ повышения эксплуатационной надежности кабельных линий 6-10 кВ, основывающийся на внедрение систем мониторинга. Представлены результаты о целесообразности применения данных систем.

Ключевые слова: кабельная линия, кабель, надежность, система мониторинга, датчик.

THE RELEVANCE OF THE USE OF MODERN MONITORING SYSTEMS IN ORDER TO IMPROVE THE OPERATIONAL RELIABILITY OF 6-10 kV CABLE LINES

I.A. Shkarupa

KSPEU, Republic of Tatarstan, Kazan, Russia
shkarupa.ivan16@gmail.com

The article suggests a way to improve the operational reliability of 6-10 kV cable lines based on the introduction of monitoring systems. The results on the feasibility of using these monitoring systems are presented.

Keywords: cable line, cable, reliability, monitoring system, sensor.

В настоящее время, в условиях ускоренных темпов застройки городов и развития городских сетей, большое распространение получили кабельные линии напряжением 6-10 кВ. Их протяжённость увеличивается с каждым годом и достигает несколько тысяч километров. Поэтому одной из приоритетных задач развития электроэнергетики является повышение эксплуатационной надежности силовых кабельных линий 6-10 кВ.

Проведение периодических диагностических испытаний кабельных линий не обеспечивает необходимого уровня надежности

электроснабжения, так как такие испытания рационально проводить только при вводе в эксплуатацию, и после проведения ремонтных работ. Снижение аварийности работы кабельных линий возможно только за счет внедрения в эксплуатацию систем непрерывного мониторинга, которые могут контролировать состояние кабельных линий [1].

Одной из таких систем, которые можно применять на участках кабельных линий 6-10 кВ является мониторинг температуры. Она позволяет осуществлять непрерывный контроль температуры в режиме реального времени, оперативно влиять на возникновение перегрузки, а также выявлять резервы существующей мощности. В качестве датчика используется оптоволокно, встроенное в экран кабеля, либо оптический кабель, проложенный рядом с фазой. Такие системы могут устанавливаться как на длинных участках кабельной линии, так и не на протяженных участках.



Рис.1. Возможные места расположение оптоволокна на кабеле

Также для мониторинга состояния кабельной линии возможно применять систему, предназначенную для оценки уровня частичных разрядов в изоляции кабеля. Она позволяет выявлять на ранней стадии дефекты, развитие которых приводит к повреждениям, а также позволяет эффективнее планировать ремонт и замену силовых КЛ, что способствует повышению надежности электроснабжения потребителей. Мониторинг ЧР осуществляется с помощью высокочастотного датчика тока и акустического датчика [2].

Для своевременного оповещения о потенциально опасных строительно-монтажных работах можно применять мониторинг вибро-акустических колебаний в области залегания КЛ. В качестве датчика используется волокно, встроенное в кабель, либо отдельно проложенный оптический кабель, расположенный над КЛ. Вибрации детектируются посредством цифрового преобразования и фильтрации сигнала специализированным компьютером высокой производительности [3].



Рис.2. Схема расположения КЛ и оптического кабеля связи

Таким образом, можем сделать заключение о том, что рассмотренные системы мониторинга состояния кабельной линии позволяют повысить ее эксплуатационную надежность. Но проведя сравнения стоимости кабеля и систем мониторинга был сделан вывод о том, что применение данных систем нецелесообразности ввиду их высокой стоимости.

Источники

1. В.П. Калявин, Л.М. Рыбаков. Надежность и диагностика электроустановок: Учеб. Пособие. – СПб.: Элмор, 2009. – 336 с.
2. Ахмадеев А.А. Способы измерения и проблемы регистрации частичных разрядов в кабельных линиях// Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2022.
3. Брякин, И. В. Датчик виброперемещений для систем мониторинга состояния конструктивных элементов высоковольтных линий электропередач / И. В. Брякин, И. В. Бочкарев // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2022. – Т. 24. – № 4. – С. 63-76. – DOI 10.30724/1998-9903-2022-24-4-63-76. – EDN KECTUE.

УДК 621.317.1

ПРОБЛЕМА РАСЧЁТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ НАГРУЗОК

П.В. Юдин¹, С.Р. Чистяков², А.А. Устинов³

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. А.В. Струмеляк

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «БрГУ», г. Братск, Россия

Zloazazin@yandex.ru¹, semen-bratsk@yandex.ru², andryushenka.ustinov.2018@mail.ru³

Центры обработки данных (ЦОД) сохраняют свою актуальность. В работе предложен новый метод использования коэффициента спроса, учитывающий сетевой

трафик ЦОД. Данная методика предполагает использование дробно-рациональной функции второго порядка, обеспечивающей приемлемое значение.

Ключевые слова: ЦОД, фактическое энергопотребление, нагрузки процессоров, сетевой трафик, аппроксимация графиков.

THE PROBLEM OF CALCULATING ELECTRICAL LOADS

P.V. Yudin¹, S.R. Chistyakov², A.A. Ustinov³

Bratsk State University, Bratsk, Russia

Zloazazin@yandex.ru¹, semen-bratsk@yandex.ru², andryushenka.ustinov.2018@mail.ru³

Data centers retain their relevance. The paper proposes a new method of using the demand factor, taking into account the network traffic of data centers. This method involves the use of a second-order fractional-rational function that provides an acceptable value.

Keywords: data center, actual power consumption, processor loads, network traffic, graph approximation.

При расчете электрических нагрузок ЦОД необходимо учитывать загрузку оборудования. Номинальная мощность блоков питания в вычислительном оборудовании значительно превышает потребляемую мощность в нормальных условиях эксплуатации. Поэтому сумма установленных мощностей блоков питания вычислительного оборудования в ЦОД всегда значительно превышает мощность серверного оборудования. При этом поставщик электрической энергии ориентируется на установленную мощность блоков питания серверного оборудования, что приводит к существенной недогрузке силового оборудования питающих электрических сетей [1].

Традиционно, фактическая нагрузка оборудования может быть определена установленной мощностью и коэффициентом спроса (K_c). Хотя такой метод не позволяет учитывать действительную загрузку вычислительных мощностей ЦОД и прогнозировать её в перспективе. Для решения этой проблемы предлагается помимо графиков электрической нагрузки ЦОД и установленной мощности блоков питания использовать графики сетевого трафика [2].

Получение зависимости электрических нагрузок ЦОД от сетевого трафика используются полугодовые осредненные графики электрических нагрузок (рис. 1 а) и осредненный график трафика данных (рис. 1 б)

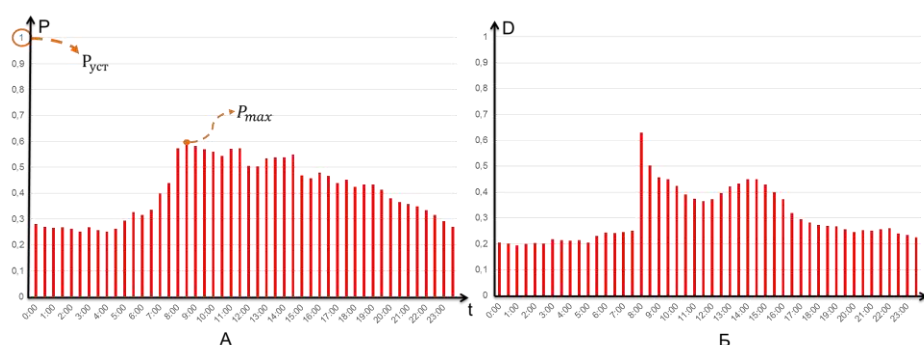


Рис. 1. Осредненные графики фактической нагрузки (а) и трафика (б) от времени: а – $P=f(t)$, б – $D=f(t)$

Для анализа графиков электрической нагрузки и сетевого трафика, было построено облако точек (рис. 2) для которого выполнена аппроксимация $P=f(D)$.

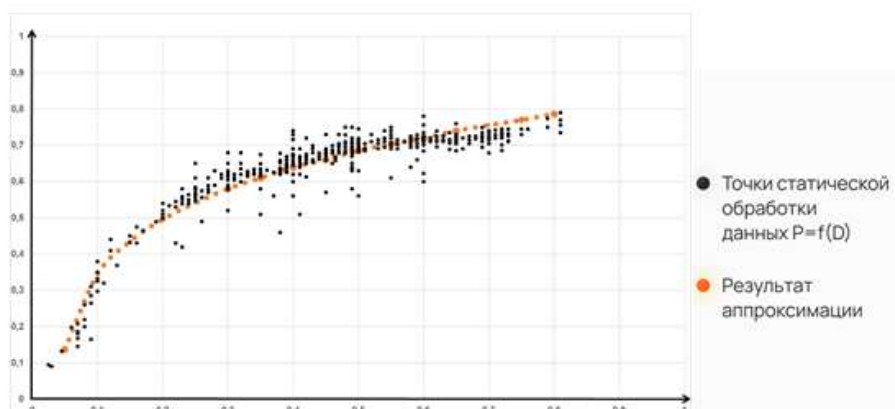


Рис. 2. Зависимость $P=f(D)$ в виде облака точек и аппроксимированной кривой

Исходя из полученной зависимости можно выделить 2 зоны: зона I – минимальная нагрузка на процессоры, при этом потребление электрической нагрузки сохраняется на минимальном уровне, зона II – нагрузка процессоров в рабочее время, причем облако точек выстраивается во вполне определенную зависимость.

Рассмотрев несколько вариантов аппроксимации функции $P=f(D)$, выбрана наиболее точная – дробно-рациональная функция второго порядка, которая обеспечивает максимальную точность в области доверительного интервала.

$$P = \frac{1}{a \cdot (D - e) + b \cdot (D - e)^2 + c} + d$$

где: a, b, c, d, e – коэффициенты дробно-рациональной функции [3].

Кривая на рисунке 2 – есть результат аппроксимации методом наименьших квадратов. Таким образом, используя данное выражение можно получить расчетную мощность в зависимости от сетевого трафика D .

Главной особенностью предлагаемого метода является возможность определения электрической нагрузки ЦОД в ретроспективе и прогнозирование её в перспективе, что не может быть реализовано стандартным методом коэффициентом спроса.

Анализ полученного выражения показывает возможность управления энергопотреблением ЦОДа путем ограничения сетевого трафика в часы максимума электрических нагрузок энергосистемы.

Источники

1. M. Koot, F. Wijnhoven. Usage impact on data center electricity needs: A system dynamic forecasting model Applied Energy 291 (2021). Т. 291. Р. 13.
2. Кабышев А.В., Обухов С.Г. Расчет и проектирование систем электроснабжения: Справочные материалы по электрооборудованию: Учеб. пособие / Том. политехн. ун-т. – Томск, 2005. – 168 с.
3. Зоркальцев В.И. Метод наименьших квадратов геометрические свойства, альтернативные подходы, приложения. М.: Новосибирск: Издательство: Новосибирское отделение издательства «Наука», 1995. – 220 с.

СЕКЦИЯ 3. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА И СВЕТОТЕХНИКА. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ АППАРАТЫ

УДК 681.5

ГЕНЕРАТОР АНАЛОГОВЫХ СИГНАЛОВ НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ AVR

М.А. Баганов

Науч. рук. канд. пед. наук, доцент Л.В. Ахметвалеева

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

baganovm@mail.ru

В данной статье описываются этапы проектирования и режимы работы генератора сигналов на AVR – контроллере для исследовательских целей. Разработана схема генератора и программа его работы, изготовлена модель генератора и проведен экспериментальный анализ.

Ключевые слова: AVR, микроконтроллер, аналоговый сигнал, ЦАП, АЦП, генерирование сигналов.

ANALOG SIGNAL GENERATOR ON AVR MICROCONTROLLER

M.A. Baganov

KSPEU, Kazan, Russia

baganovm@mail.ru

This article describes the stages of development and research of the designed signal generator for research purposes on the MK AVR. The scheme of the generator and the program of its work are developed, the model of the generator is made and the experimental analysis is carried out.

Keywords: AVR, microcontroller, analog signal, DAC, ADC, signal generation.

На сегодняшний день трудно найти какое-либо устройство без использования микроконтроллеров (МК) – «компьютерной» микросхемы, управляющей электронными устройствами. Как известно, типичный МК построен на одном кристалле и включает в себя процессор, периферийные устройства, RAM (оперативное запоминающее устройство) и/или ROM (только постоянное запоминающее устройство) в зависимости от

назначения [1]. Другими словами, микроконтроллер можно рассматривать как мини-компьютер, способный решать простые вычислительные задачи [2].

Аналоговый сигнал генерируется программой микроконтроллера путем выполнения алгоритма, хранящегося в памяти. Цифровой код, полученный микроконтроллером, преобразуется в значение выходного напряжения. Для выполнения этой функции используется цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП), за которым следует применить фильтры нижних частот (ФНЧ) для подавления помех.

Структурная схема генератора сигналов представлена на рисунке 1. Усилитель используется для усиления сигнала, т.к. из-за большой частоты амплитуда сигнала очень маленькая. Микроконтроллер выполняет функции генерирования выбранного сигнала, его считывания и отображения.

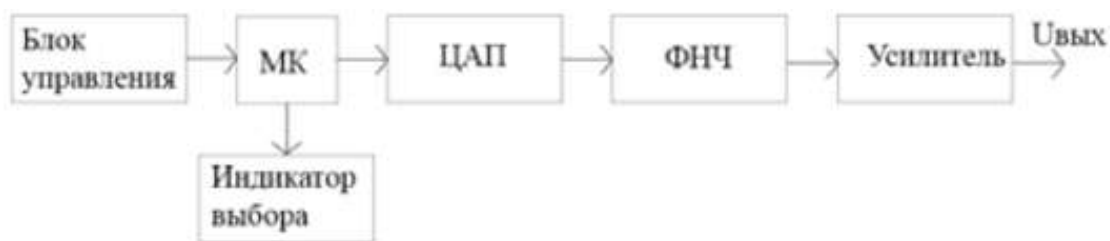


Рис. 1. Структурная схема генератора сигналов

Для реализации генератора выбран микроконтроллер *ATMega 328P-MU* в корпусе *MLF-32* с удобной платформой проектирования *Arduino*, что делает установку и настройку МК очень простой и позволяет уделить больше внимания разработке самого генератора [3], [4].

Блок управления состоит из четырех кнопок-селекторов и трех потенциометров. Амплитуда генерируемых сигналов может изменяться от 1,8В до 9В. Сигнал выбирается соответствующей кнопкой. Потенциометр используется для регулировки усиления частоты и коэффициента заполнения (ШИМ), в то время как управление ШИМ может использоваться только для генерации прямоугольных импульсов.

Индикатор состоит из четырех светодиодов, и один светодиод находится под каждой кнопкой настройки, чтобы указать, что был создан сигнал выбора. Цифро-аналоговый преобразователь преобразует цифровые данные в правильную аналоговую форму. В схеме используется ЦАП взвешивающего типа (делитель Кельвина). Каждый бит двоичного кода отображается на резистор или источник тока, подключенный к общей

сумме. Принципиальная электрическая схема генератора представлена на рисунке 2.

Для выполнения инструкций, определяющих, как и в каком порядке работать с подключенными компонентами микроконтроллера, создана программа на языке программирования С этого микроконтроллера [5].

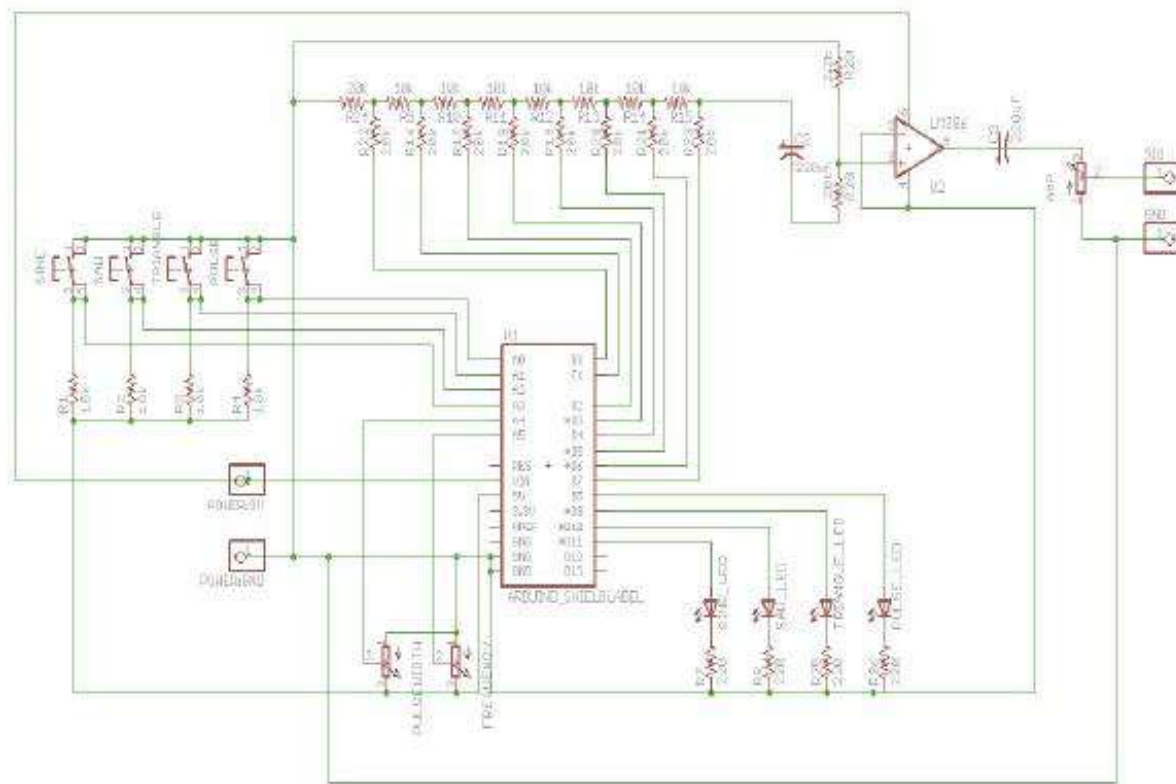


Рис. 2. Электрическая схема генератора

В данной статье рассмотрены принципы работы генератора аналогового сигнала на базе микроконтроллера AVR, представлены его структурная и электрическая схемы.

Источники

1. Васильев А.Е. Встраиваемые системы автоматики и вычислительной техники. Микроконтроллеры. М.: Горячая линия-Телеком. 2021. 590 с.
2. Цветков А.Н., Корнилов В.Ю., Сафин А.Р., Логачева А.Г., Петров Т.И., Кувшинов Н.Е. Управляющая измерительно-информационная система экспериментального стенда // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. № 22(4). С. 88–98.

3. Мортон Дж. Микроконтроллеры AVR. Вводный курс. /Пер. с англ. М.: Издательский дом «Додэка&XXI». 2010. 272 с.

4. Соммер У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freeduino. СПб.: БХВ-Петербург. 2012. 256 с.

5. Кравченко А.В. 10 практических устройств на AVR-микроконтроллерах. Книга 2. СПб.: МК-Экспресс. 2009. 320 с.

УДК 621.382

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ ЗАЖИГАНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Д.В. Багинский

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, профессор Р.И. Калимуллин

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

megafonn593@icloud.com

В статье рассмотрена современная система управления зажиганием автомобиля, произведено моделирование схем с высоковольтными *IGBT* и *MOSFET* ключами, проанализированы их рабочие режимы.

Ключевые слова: *IGBT*, *MOSFET*, система зажигания, катушка.

SIMULATION OF THE ELECTRONIC IGNITION SYSTEM OF THE CAR

D.V. Baginsky

KSPEU, Kazan, Russia

megafonn593@icloud.com

The article considers a modern car ignition control system, simulates circuits with high-voltage *IGBT* and *MOSFET* switches, and analyzes their operating modes.

Keywords: *IGBT*, *MOSFET*, ignition system, coil.

В современных автомобилях применяется электронная система зажигания вместо устаревшей контактной, позволяющая повысить мощность и экономичность двигателя за счёт более полного сгорания топлива [1].

В системе зажигания с накоплением энергии в индуктивности (рис. 1) при открывании электронного ключа постоянный ток от

аккумуляторной батареи насыщает магнитное поле первичной обмотки катушки. В момент перехода ключа-транзистора в непроводящий режим происходит всплеск напряжения на вторичной обмотке, на которой по достижении напряжения пробоя образуется искра на свече. Горение искры поддерживается энергией, запасенной в магнитном поле [2].

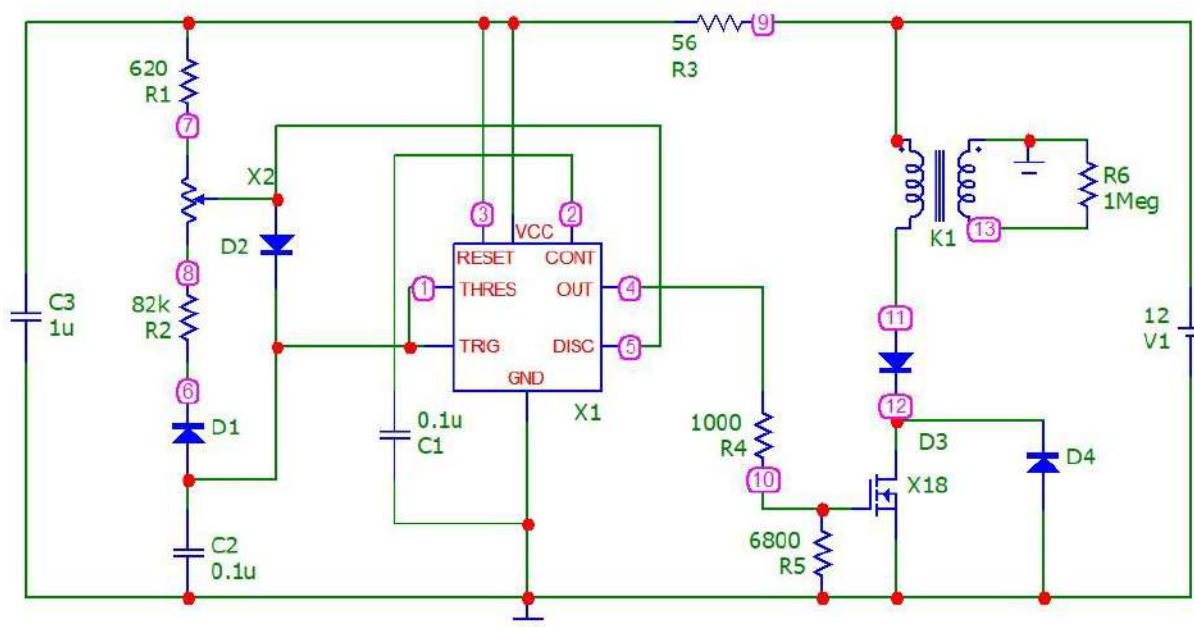


Рис. 1. Принципиальная схема электронной системы зажигания в интерфейсе программы моделирования *Micro-Cap12*

Процесс горения искры происходит при высоких напряжениях, вследствие чего требуются силовые ключи, способные обеспечить данный режим работы. Нами в программной среде *Micro-Cap12* было выполнено моделирование электронной системы зажигания автомобиля, в качестве ключевого элемента которой был исследован транзистор *MOSFET IRF640_IR*. В данной схеме таймер *TLC555* создает тактовые импульсы с нужной частотой для открывания транзистора [3]. На рисунке 2 приведена осциллограмма напряжения вторичной обмотки катушки зажигания, роль которой в схеме выполняет повышающий трансформатор.

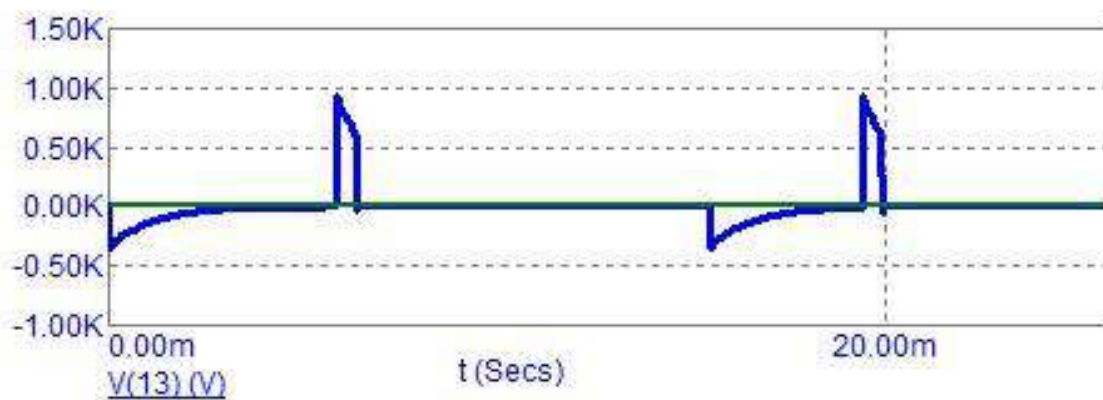


Рис. 2. Осциллограмма вторичной обмотки катушки зажигания с *IRF640_IR*

Для сравнительного анализа мы заменили ключевой элемент на транзистор *IGBT IXGQ35N120BD1* [4]. Полученная в ходе проведения моделирования осциллограмма напряжения вторичной обмотки катушки представлена на рисунке 3. Анализируя временные диаграммы, можно отметить, что падение напряжения на первичной обмотке в схеме с *IRF640_IR* (рис. 2) больше, чем в аналогичной с *IXGQ35N120BD1* (рис. 3) во время их открытого состояния. Напряжение пробоя, при котором будет работать первый транзистор ниже, чем у второго. Эффективное время горения искры при использовании *IGBT* лучше, чем у *MOSFET*.

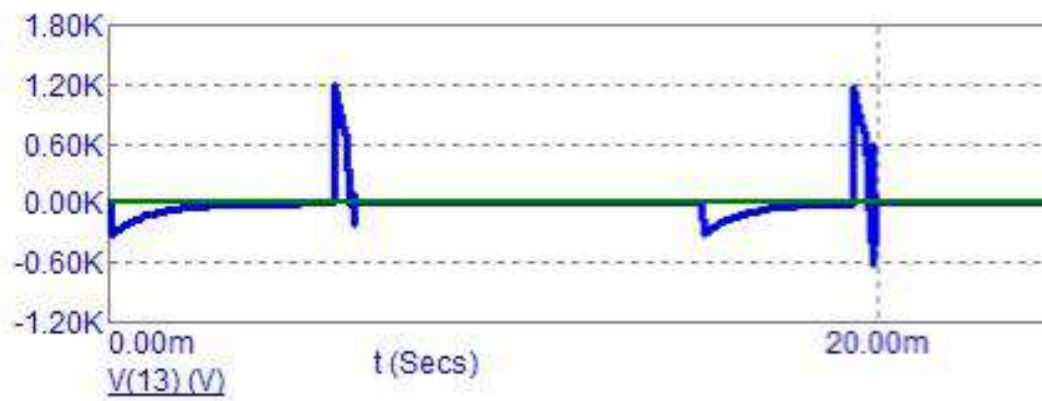


Рис. 3. Временные диаграммы напряжения на вторичной обмотке для *IXGQ35N120BD1*

Источники

1. Системы зажигания в автомобиле [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://revolution.allbest.ru/transport/00555143_0.html (дата обращения: 28.02.23).

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. Причины неисправностей системы зажигания [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/60396> (дата обращения: 28.02.23).

4. Неисправность в ЭБУ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.drive2.ru/b/1463431/> (дата обращения: 28.02.23).

УДК 621.382

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК И ПАРАМЕТРОВ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ

Н.Е. Барлев

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, профессор Р.И. Калимуллин

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

barlevnikolay@mail.ru

В процессе работы проведен анализ аппаратов для проведения измерений светотехнических и тепловых характеристик светодиодных ламп, разработан алгоритм проведения измерений. Проведены измерения интенсивности излучения при изменении уровня питающего напряжения. Результаты проведенных измерений представлены в виде графиков и выводов.

Ключевые слова: источник оптического излучения, люксметр, интенсивность излучения.

STUDY OF THE CHARACTERISTICS AND PARAMETERS OF LED LAMPS

N.E. Barlev

KSPEU, Kazan, Russia

barlevnikolay@mail.ru

In the course of the work, an analysis of devices for measuring the lighting and thermal characteristics of LED lamps was carried out, and an algorithm for carrying out measurements was developed. The radiation intensity was measured when the supply voltage level changed. The results of the measurements carried out are presented in the form of graphs and conclusions.

Keywords: optical radiation source, luxmeter, radiation intensity.

В настоящее время светодиоды (*LED*) являются наиболее эффективными из всех распространенных источников света. Из-за высокой эффективности возникают проблемы, такие как: высокое требование к стабильности тока, который их питает, плохая переносимость сложных тепловых режимов работы [1].

Контроль светотехнических характеристик имеет большое значение при производстве и выборе источников излучения света. Спектр излучения, координаты цветности, формы тока, динамика разгорания ламп – все эти и многие другие свойства измеряются с помощью соответствующего оборудования [2].

Целью работы является выявление возможных дефектов светодиодных светильников, повышение качества исполнения и повышение эффективности их работы на основе измерения и анализа их характеристик.

Одной из самых важных характеристик светодиодного оборудования является интенсивность излучения. В данной работе проведено измерение интенсивности излучения при изменении уровня питающего напряжения, а также выявлено влияние наработки на интенсивность излучения [3] (см. рисунок).

Lx, Люкс

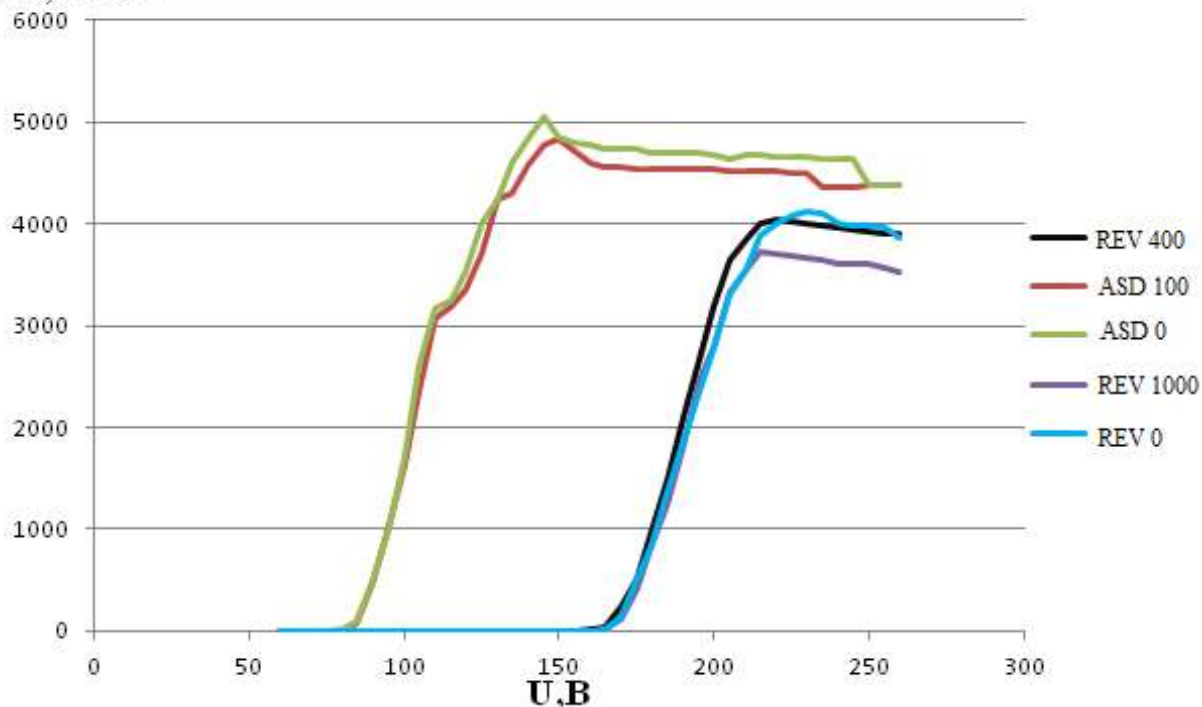


График зависимости интенсивности излучения от уровня питающего напряжения

В процессе измерений используются светильники двух производителей: REV и ASD. На графиках разными цветами у каждой лампы указана зависимость интенсивности излучения от уровня питающего напряжения. Все светильники имеют одинаковую мощность и цветовую температуру (20 Вт; 4000 К). REV 400 – 20 Вт, 4000 К, наработка 400 ч (цвет – черный). ASD 100 – LED-Standard, 20 Вт, 4000 К, наработка 100 ч (цвет – красный). ASD 0 – LED-Standard, 20 Вт, 4000 К, наработка 0 ч (цвет – зеленый). REV 1000 – 20 Вт, 4000 К, наработка 1000 ч (цвет – фиолетовый). REV 0 – 20 Вт, 4000 К, наработка 0 ч (цвет – синий).

Светильники ASD выходят в рабочий режим согласно паспортным данным. При 100-110В замечено мерцание светодиодов и акустический шум. Наблюдаются резкие изменения интенсивности излучения при смене питающего напряжения [4].

Светильники REV выходят в рабочий режим согласно паспортным данным. Мерцания и акустических шумов при работе не обнаружено, исследованные параметры соответствуют паспортным. По результатам графика видно изменение интенсивности излучения при увеличении часов использования. Сильно заметно данное изменение у REV 1000 с наработкой 1000 ч, менее заметно у REV400 с наработкой 400 ч. Исходя из этого, можно сделать вывод, что интенсивность излучения падает с ростом часов эксплуатации. В пределах наработки 1000 ч в лампах данного типа драйвер не претерпевает серьезных изменений, что говорит о высокой надежности электронной начинки этих ламп [5].

Источники

1. Варфоломеев Л.П. Элементарная светотехника. М.: Световые технологии, 2013. 288 с.
2. Лейви А.Я., Шульгинов А.А. Основы светотехники: учебное пособие / Под ред. А.А. Шульгинова. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2016. 71 с.
3. Астайкин А.И., Смирнов М.К. Основы оптоэлектроники: Учебное пособие. М.: Высшая школа, 2007. 277 с.
4. Бугров В.Е., Виноградова К.А. Оптоэлектроника светодиодов: Учебное пособие. СПб: НИУ ИТМО, 2013. 174 с.
5. Драйверы управления мощными транзисторами [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://studfile.net/preview/6270824/page:17/> (дата обращения: 25.02.2023).

СЧЕТЧИК КОЛИЧЕСТВА ИМПУЛЬСОВ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ В ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ИЗОЛЯЦИИ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА STM32F411RET6

П.М. Быков

Науч. рук. канд. ф.-м. наук, доцент А.В. Семенников

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

bykov.pavel.2020@yandex.ru

В статье предложен счетчик импульсов частичных разрядов в высоковольтных изоляторах, представляющий собой комбинацию контактного датчика и микроконтроллера *STM32F411RET6*. Количество зафиксированных импульсов зависит от степени дефектности экспериментального образца. Исследование параметров частичных разрядов позволяет судить о степени работоспособности высоковольтной изоляции и делать выводы о дальнейшей возможной или невозможной эксплуатации оборудования.

Ключевые слова: частичные разряды, высоковольтные изоляторы, микроконтроллер *STM32*, контактный датчик.

COUNTER FOR THE NUMBER OF PARTIAL DISCHARGE PULSES IN HIGH-VOLTAGE INSULATION BASED ON THE STM32F411RET6 MICROCONTROLLER

P.M. Bykov

KSPEU, Kazan, Russia

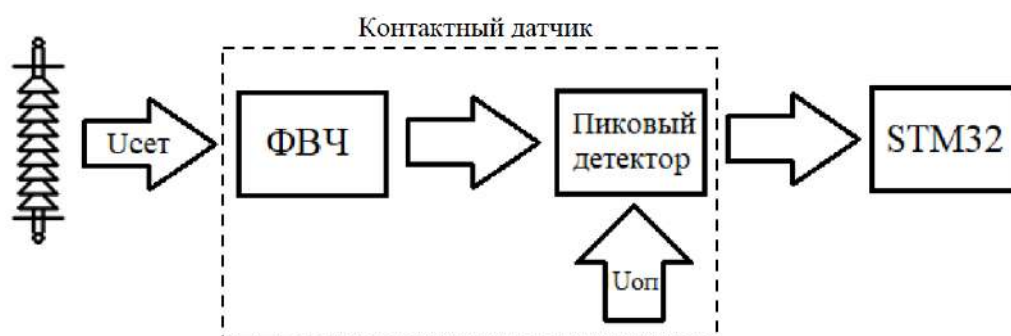
bykov.pavel.2020@yandex.ru

The article proposes a pulse counter of partial discharges in high-voltage insulators, which is a combination of a contact sensor and a microcontroller *STM32F411RET6*. The number of recorded pulses depends on the degree of defect of the experimental sample. The study of the parameters of partial discharges allows us to judge the degree of operability of high-voltage insulation and draw conclusions about the further possible or impossible operation of the equipment.

Keywords: partial discharges, high-voltage insulators, STM32 microcontroller, contact sensor.

Возникающие в высоковольтных изоляторах (ВИ) частичные разряды (ЧР) вызывают импульсы тока, интенсивность которых можно зафиксировать и произвести диагностику состояния диэлектрика [1]. Для фиксации интенсивности ЧР был разработан счетчик импульсов на основе микроконтроллера *STM32F411RET6*.

Структурная схема устройства представлена на рисунке.



Структурная схема счетчика импульсов ЧР в ВИ

Для выделения высокочастотной составляющей напряжения подключается фильтр высоких частот (ФВЧ) в цепь заземляющего проводника. Фильтр выполняет роль измерительного шунта [2]. Пиковый детектор выделяет высокочастотные импульсы ЧР и генерирует цифровые импульсы, регистрируемые микроконтроллером. Порог срабатывания компаратора устанавливается экспериментальным путем на максимально низком уровне [3]. При поступлении на вход компаратора импульса, превышающего пороговое значение, на выходе устанавливается высокий уровень, равный по длительности входному сигналу.

Для подсчета импульсов ЧР предлагается использовать таймер/счетчик *TIM2* микроконтроллера *STM32F411RET6*. Он способен тактироваться от измеряемой частоты через *ETR*-пин, и, таким образом, данный счетчик может выступать в роли счетчика импульсов ЧР [4]. Нам будет достаточно одного таймера, так как *TIM2* является 32-х битным и количества подсчитанных импульсов вполне хватит для того, чтобы не вводить еще один таймер на переполнение [5].

В результате поступающие с пикового детектора и подаваемые на вход таймер/счетчика *TIM2* импульсы, будут подсчитываться в течение определенного времени. По количеству зарегистрированных контактным датчиком и просуммированных счетчиком микроконтроллера импульсов ЧР можно с достаточной степенью достоверности судить о состоянии

исследуемого диэлектрика, а также о возможности его дальнейшей эксплуатации.

Источники

1. 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.
2. Wong R.L. Application of very high frequency method to ceramic insulators // IEEE Transactions of Dielectrics and Electrical Insulation. 2004. Vol. 11. P. 1057–1064.
3. Галиева Т.Г., Иванов Д.А., Садыков М.Ф. и др. Метод и устройство диагностики состояния высоковольтных изоляторов на основе непрерывной регистрации пространственного уровня электромагнитного излучения частичных разрядов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 4. С. 165–177.
4. Noviello C. Mastering STM32. A step-by-step guide to the most complete ARM Cortex-M platform, using a free and powerful development environment based on Eclipse and GCC. Leanpub Publishing, 2018. 852 p.
5. Васильев А.С. Основы программирования микроконтроллеров. Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2016. 95 с.

УДК 621.315.62

МЕТОД АКУСТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ИЗОЛЯЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ЛОКАЛИЗАЦИИ TDOA

А.И. Вагапов

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Д.А. Иванов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

aydar.vagapoff@yandex.ru

Данная работа посвящается использованию акустического метода в мониторинге высоковольтных изоляторов. Данный метод основан на выявлении частичных разрядов, возникающих вследствие дефекта изоляции. Для сбора и обработки данных используются микрофонные решётки и ПО. Локализация места возникновения частичного разряда основана на методе TDOA, который рассчитывает разницу во времени прибытия сигнала от источника.

Ключевые слова: повреждения изоляции, мониторинг на основе акустики, микрофонные решётки, ЧР.

METHOD FOR ACOUSTIC MONITORING OF HIGH-VOLTAGE INSULATING EQUIPMENT USING TDOA LOCALIZATION METHOD

A.I. Vagapov
KSPEU, Kazan, Russia
aydar.vagapoff@yandex.ru

This work is devoted to the use of the acoustic method in monitoring high-voltage insulators. This method is based on the detection of partial discharges that occur as a result of an insulation defect. Microphone arrays and software are used to collect and process data. PD localization is based on the TDOA method, which calculates the difference in time of arrival of the signal from the source.

Keywords: insulation damage, acoustic monitoring, microphone sensors, PD.

Выявление повреждений изоляторов – важная задача современной электроэнергетики. Для обнаружения данных дефектов существует множество методов и решений. Решение, базируемое на детектировании частичных разрядов (ЧР), считается эффективным в текущей ситуации [1].

Возникновение частичного разряда говорит о наличии деградации в изоляции, то есть о наличии дефекта. Разряд сопровождается акустическими и электромагнитными волнами, повышением температуры и так далее [2].

Вследствие своих преимуществ (малые габариты, отсутствие контакта с поверхностью, отсутствие влияния электромагнитных помех) выбран акустический метод [3, 4].

Для локализации источника излучения используется метод TDOA [5] (рис. 1). Метод базируется на расчёте разницы времени прихода сигнала до приёмника. Расчёт данного времени прибытия помогает определить местоположение дефекта изоляции.

Разница во времени прибытия сигнала на основе корреляционного анализа позволяет получить координаты источника акустического излучения, то есть локализовать дефект (рис. 2).

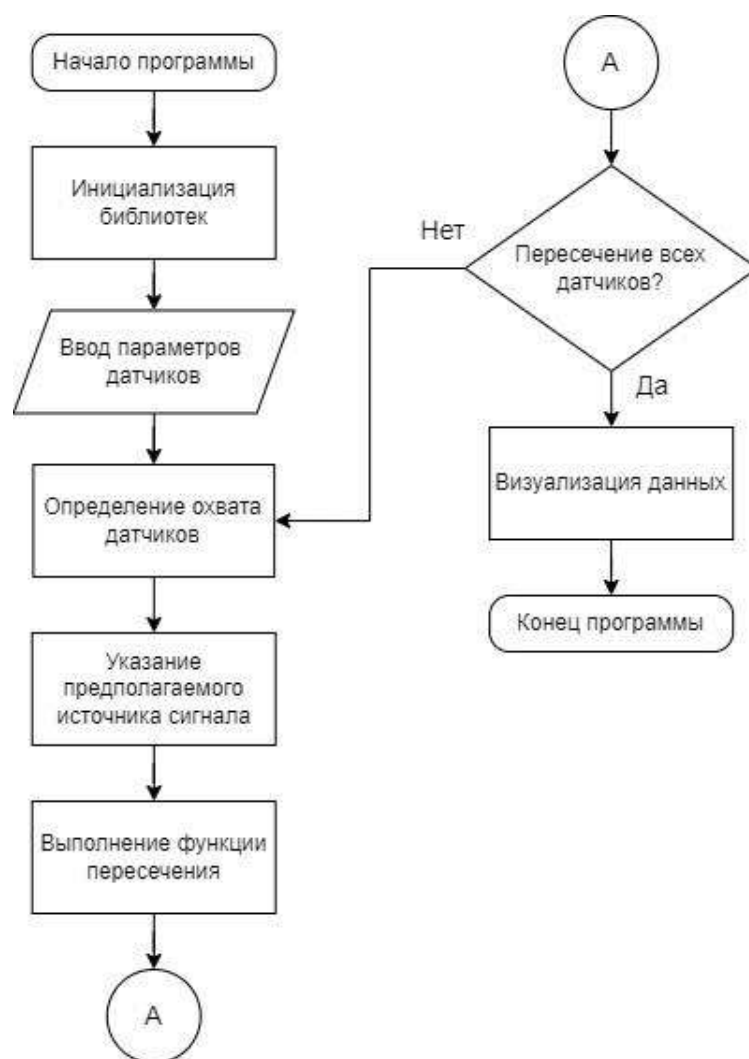


Рис. 1. Алгоритм проведения TDOA-метода

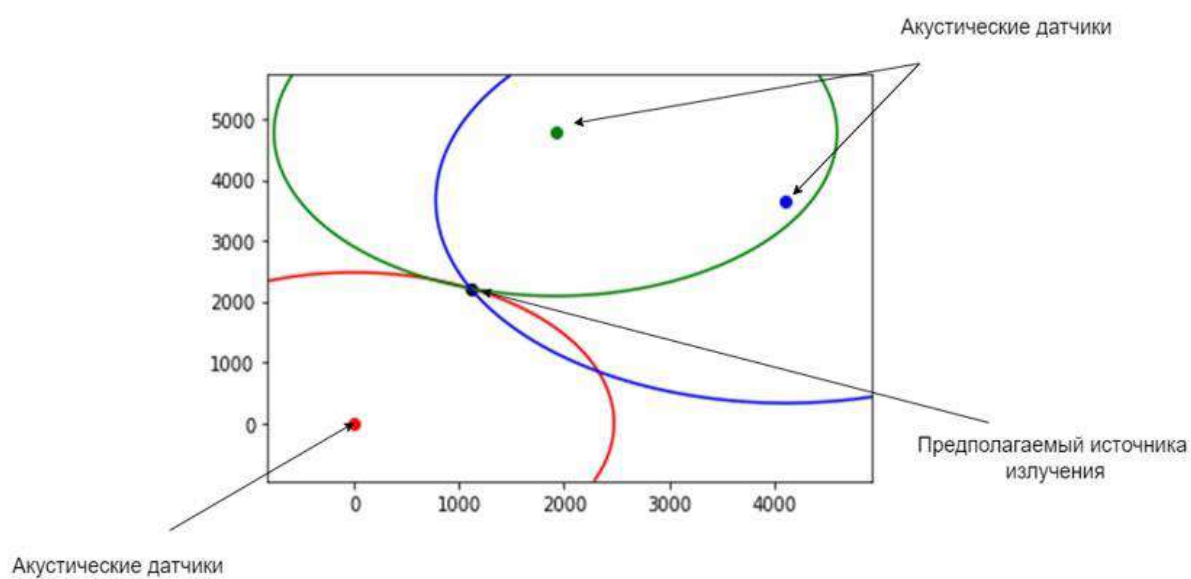


Рис. 2. Локализация источника излучения

Благодаря данным методам можно обнаружить дефект заранее и предотвратить аварию в электросистеме.

Источники

1. Кучинский Г.С. Частичные разряды в высоковольтных конструкциях. Л.: Энергия, 1979. 233 с.
2. Вдовико В.П. Частичные разряды в диагностировании высоковольтного оборудования. Новосибирск: Наука, 2007. 155 с.
3. Иванов Д.А., Садыков М.Ф., Ярославский Д.А., Голенищев-Кутузов А.В., Галиева Т.Г. Система контроля акустического излучения разрядных процессов на электрической подстанции для целей диагностики технического состояния изоляционного оборудования // Известия РАН. Серия физическая. 2021. Т. 85, № 11. С. 1597–1601.
4. Голенищев-Кутузов А.В., Иванов Д.А., Потапов А.А., Кротов В.И. Использование бесконтактных методов диагностики высоких электрических полей // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2019. № 4. С. 123–132.
5. Паршин Ю.Н., Льюнг Ч.В. Разработка комплексированного гибридного алгоритма TDOA+AOA оптимальной оценки координат маневрирующего источника радиоизлучения // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. 2014. № 2. С. 5–12.

УДК 621.314.58

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ЗАРЯДА АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

И.И. Валиев

Науч. рук. канд. ф.-м. наук, доцент В.И. Кротов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

Ilfat.valiev.1999@mail.ru

В статье описана информация об алгоритмах и методах заряда аккумуляторных батарей, выделены их преимущества и недостатки. Полученные данные исследования будут использованы для разработки автоматического зарядного устройства для автомобильной аккумуляторной батареи.

Ключевые слова: аккумуляторные батареи, методы, зарядная инфраструктура.

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED CHARGER FOR AUTOMOTIVE ACCUMULATOR BATTERIES

I.I. Valiev

KSPEU, Kazan, Russia

Ilfat.valiev.1999@mail.ru

The article describes information about algorithms and methods of battery charging, highlights their advantages and disadvantages. The obtained research data will be used to develop an automatic charger for a car battery.

Keywords: batteries, methods, charging infrastructure.

Метод заряда U . Данный способ является самым простым в реализации, что является его главным преимуществом. Напряжение в режиме подзаряда не имеет отличий от напряжения в режиме заряда. В самом начале процесса заряда аккумулятор потребляет большой по величине ток и при этом имеет низкое напряжение, в следствие чего зарядно-подзарядное устройство (ЗПУ) ограничивает этот заряд. После чего увеличивается напряжение и уровень заряда растет. При достижении значения уставки, ЗПУ начинает процесс стабилизации растущего напряжения. Потребляемый ток аккумуляторной батареи начинает уменьшаться, при этом батарея продолжает заряжаться постоянным током. При достижении потребляемым аккумулятором током малых значений будет считаться, что аккумулятор заряжен (рис. 1) [1].

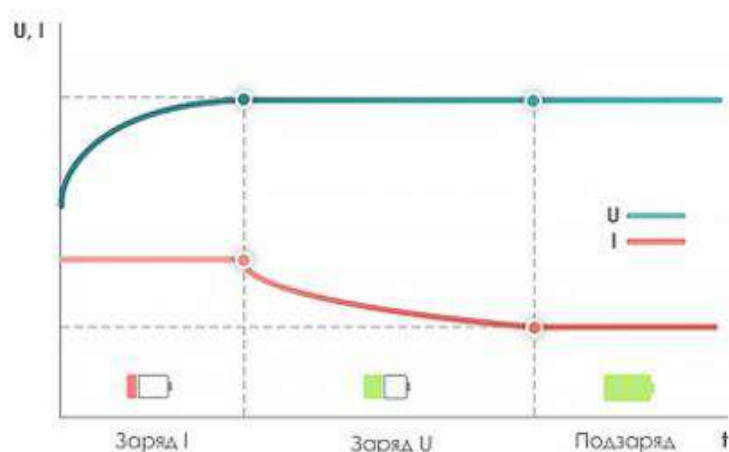


Рис 1. Временная диаграмма заряда методом U

Метод *UI*. Основным отличием данного метода от метода *U* является повышенное напряжение в режиме заряда. Это позволяет увеличить скорость заряда, и происходит более эффективное разрушение сульфатов свинца. Однако данный метод требует строго следовать рекомендациям производителя, для того чтобы не повредить энергоноситель (рис. 2) [2].

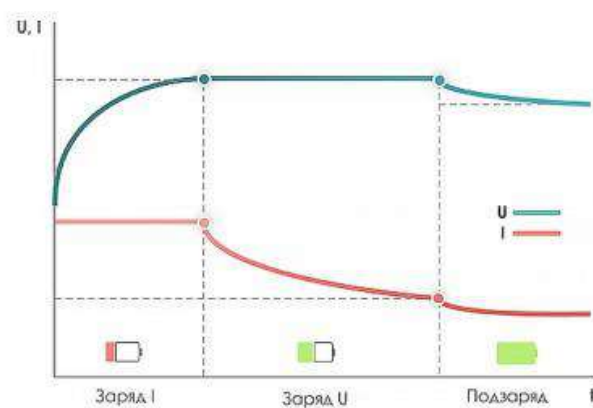


Рис 2. Временная диаграмма метода заряда *UI*

Метод *IUI*. В данном методе присутствует дополнительная третья ступень, которая имеет название «ступень выравнивания». В период данной ступени напряжение аккумулятора может достигать значений 15,5 В. При этом ограничение тока составляет 2-5% от всей емкости АКБ. Данная ступень обеспечивает выравнивание напряжений среди аккумуляторов, а также среди элементов данных аккумуляторов. Сама ступень жестко ограничена по времени, связано это с тем, что ступень проводится при высоких напряжениях. А длительность определяется производителем аккумуляторных батарей. Однако метод не подходит для аккумуляторов, разработанных по технологии *GEL*, так как они не терпят повышения напряжения (рис. 3) [3].

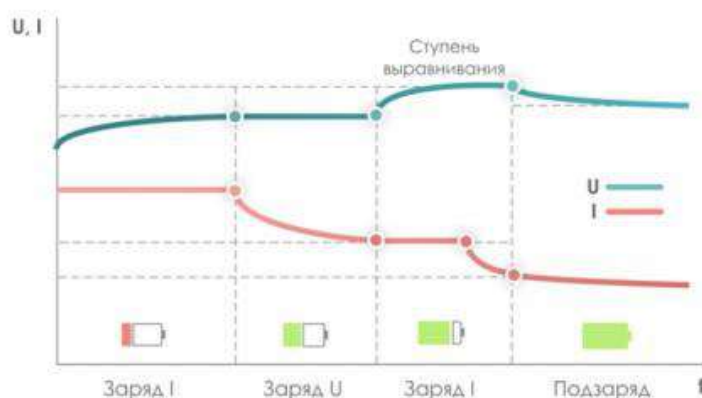


Рис. 3. Временная диаграмма метода заряда *IUI*

Источники

1. Беляев С. Способы зарядки аккумуляторов // Практика. 2006. № 12. С. 19–25.
2. Ando K., Hoshihara N., Hattori T., Imai H. Extension of the Driving Range Regarding the High Power and the Long Cycle Life VRLA Battery by Using the Fast-Charging Method // EV Battery Development (EVS-17). 2000.
3. Химические источники тока: Справочник / Под ред. Н.В. Коровина и А.М. Скундина. М.: Издательство МЭИ, 2003. 740 с.

УДК 004.032.26

ИЗУЧЕНИЕ ПРИНЦИПОВ РАБОТЫ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ

Н.Н. Васбиев

Науч. рук. д-р. физ.-мат. наук, профессор А.В. Голенищев-Кутузов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

vasbiev9@gmail.com

Микроконтроллеры являются наиболее распространенными представителями микропроцессорной электроники. Интегрируя высокопроизводительные процессоры, оперативную память, постоянную память и ряд периферийных устройств в однокристальный блок, микроконтроллер обеспечивает широкий спектр систем управления для широкого спектра объектов и процессов при низких затратах.

Ключевые слова: микроконтроллеры, процессор, принцип, устройство, алгоритм.

STUDYING THE PRINCIPLES OF OPERATION OF MICROCONTROLLERS

N.N. Vasbiev

KSPEU, Kazan, Russia

vasbiev9@gmail.com

Microcontrollers are the most common representatives of microprocessor electronics. Integrating high-performance processors, RAM, permanent memory and a number of peripheral devices into a single-chip unit, the microcontroller provides a wide range of control systems for a wide range of objects and processes at low cost.

Keywords: microcontrollers, processor, principle, device, algorithm.

По определению, микроконтроллер (МК) бесполезен без связи с "реальным миром". Разработанный как концентратор ввода-вывода, он выполняет задачи условного преобразования и управляет последовательными и параллельными процессами. Их роль определяется руководством, но способность к программированию означает, что характер управления определяется логикой. Однако изначально они были разработаны для обеспечения взаимодействия с аналоговым миром, поэтому микроконтроллеры в основном основаны на процессе аналого-цифрового преобразования.

Хотя оборудование сложное, принцип работы микроконтроллера довольно прост. Он основан на принципе работы моделирования. Система содержит только 2 команды ("есть сигнал", "нет сигнала"). Из этих сигналов в его память будет вставлен код конкретной команды. Когда МК считывает команду, он выполняет ее. Каждый МК задает свой собственный базовый набор команд и только их он может принять и выполнить. Комбинируя отдельные команды друг с другом, можно написать единую программу, чтобы электроника работала правильно, когда это нужно. В соответствии с программами, включенными в МК, они классифицируются следующим образом [1]:

- CISC – комплекс большого числа базовых команд;
- RISC – только необходимые команды [2].

Принцип работы более сложных контроллеров упрощен до следующих алгоритмов:

* Предварительно получает определенные переменные или другие данные, которые должны быть преобразованы в двоичные сигналы. На самом низком уровне система может обнаруживать только 2 состояния: есть сигнал или его нет. Этот принцип называется аналоговым. Аналогичный алгоритм существует, когда сигнал присутствует всегда, но частота меняется, тогда алгоритм будет называться цифровым. У них много различий в объеме и производительности сигнала, но главное в том, что процессор может обнаруживать только значения 0 и 1, или true и false.

* Ряд специальных инструкций хранится во внутренней памяти устройства. С помощью элементарных математических преобразований можно выполнять определенные операции с полученными данными. Если нужно создать готовую библиотеку функций, скомпилированный язык программирования будет использовать эти базовые операнды. Другие нюансы языка программирования – это уже грамматика и теория алгоритмов. Но в результате все они преобразуются в двоичные файлы и

сводятся к базовому операнду, который обрабатывается внутренней процессорной системой.

* Все содержимое, полученное и сохраненное после операции, отправляется на выход. На самом деле это всегда достигается, но единственное отличие состоит в том, что результатом может быть переход состояния объекта в систему. Самый простой пример – отключить цепь при подаче тока на специальный датчик, и в результате лампочка погаснет. Количество выходов влияет на многопоточность устройства, то есть на его способность отображать информацию на нескольких устройствах одновременно или выполнять несколько операций одновременно.

В объектно-управляющем устройстве (контроллере) на базе микроконтроллера аппаратное и программное обеспечение включено в виде общего аппаратно-программного комплекса [2]. При разработке контроллера важно расшифровать одну из самых сложных задач разработки: оптимальное распределение функций контроллера между аппаратным и программным обеспечением. Из-за взаимосвязи аппаратного и программного обеспечения в микропроцессорной технике и того, что они динамически изменяются друг с другом, решение этой проблемы является сложным [3].

Поскольку микроконтроллер представляет собой логический блок стандартного качества, его конкретное назначение определяется программным обеспечением пользователя. Ценность продукта для выполняемых функций значительно снижается по мере расширения интеграции. Результатом являются функциональные логические возможности микроконтроллера, которые позволяют продуктам в микроконтроллере достигать высоких технических и экономических характеристик [1].

Качество полученного прикладного программного обеспечения контроллера полностью зависит от уровня проектных решений, принятых на этапе разработки. В свою очередь, уровень проектных решений определяется только опытом, квалификацией и интуицией разработчика, ведь нет теории проектирования программируемых контроллеров. Однако накопленный опыт показывает, что даже неопытный разработчик может гарантировать хорошие результаты в систематической разработке приложения-контроллера. Таким образом, с помощью микроконтроллера можно гибко управлять встроенными в него устройствами. На некоторых МК можно переключаться между сервисными устройствами напрямую (например, реле в рождественской гирлянде) без необходимости запускать модуль.

Источники

1. Куракина О.Е. Контроль качества трансформаторного масла в процессе эксплуатации методами спектроскопии: дисс. канд. техн. наук: 05.11.13. Казань: КГЭУ, 2019. 116 с.
2. Алексеев К.Б., Палагута К.А. Микроконтроллерное управление электроприводом. М.: МГИУ, 2008. 298 с.
3. Аандрэ Ф. Микроконтроллеры семейства SX фирмы Ubicom. М.: ДМК, 2016. 272 с.

УДК 621.314

РАСЧЕТ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ТИРИСТОРНЫХ СХЕМ В ПРОГРАММЕ MULTISIM

Г.Н. Виноградов

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, профессор Р.И. Калимуллин

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

gp745@yandex.com

В статье рассматриваются результаты расчетов схем однофазного управляемого выпрямителя и регулятора переменного напряжения на тиристорах и моделирования в программе *Multisim*.

Ключевые слова: управляемый выпрямитель, регулятор переменного напряжения, тиристор, моделирование, *Multisim*.

CALCULATION AND MODELING OF THYRISTOR CIRCUITS IN THE MULTISIM PROGRAM

G.N. Vinogradov

KSPEU, Kazan, Russia

gp745@yandex.com

The article discusses the results of calculations of the scheme of a single-phase controlled rectifier and an AC voltage regulator on thyristors and modeling in the *Multisim* program.

Keywords: controlled rectifier, AC voltage regulator, thyristor, simulation, *Multisim*.

Несмотря на то, что большинство современных схем силовой электроники строится на основе транзисторов *IGBT*, за тиристорами остались схемы с естественной коммутацией, такие как управляемые выпрямители и регуляторы переменного напряжения. Управление величиной энергии, передаваемой в нагрузку, происходит за счет изменения угла управления α [1, 2]. Так, для однофазной мостовой схемы управляемого выпрямителя среднее значение выпрямленного напряжения

$$U_{\text{вых.ср}} = 0,45U_{\text{вх}}(1 + \cos \alpha), \quad (1)$$

где $U_{\text{вх}}$ – действующее значение входного напряжения выпрямителя.

Для схемы однофазного регулятора переменного напряжения действующее значение выходного напряжения

$$U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}} \sqrt{1 - \frac{\alpha}{\pi} + \frac{\sin 2\alpha}{2\pi}}. \quad (2)$$

Нами были рассчитаны и смоделированы в программе *Multisim* [3] схемы однофазных регулятора переменного напряжения (рис. 1) и управляемого выпрямителя на тиристорах (рис. 2).

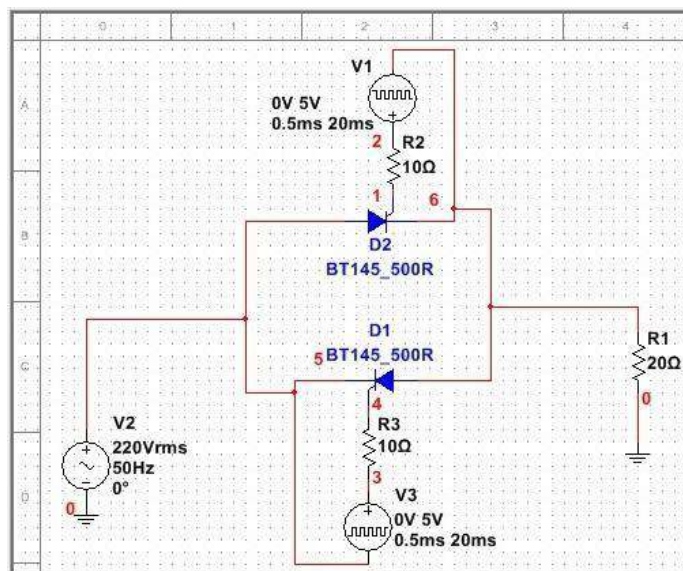


Рис. 1. Однофазный регулятор переменного напряжения в программе *Multisim*

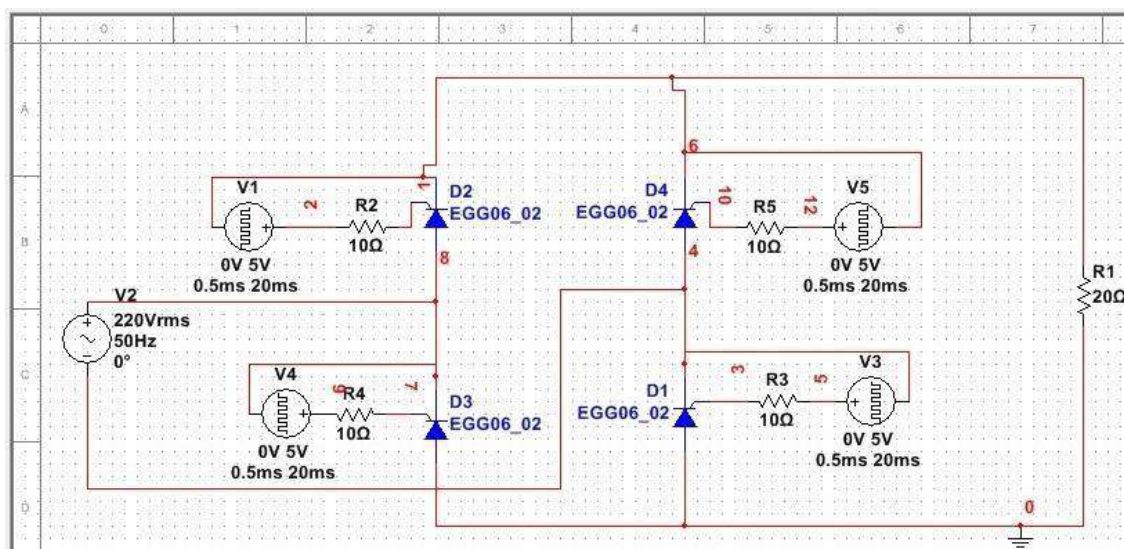


Рис. 2. Однофазный управляемый выпрямитель в программе *Multisim*

Был проведен анализ обеих схем во временной области (*Transient*) и получены временные диаграммы напряжений на нагрузке при различных значениях углов управления тиристорами α . На рисунке 3 в качестве примера приведена полученная временная диаграмма для схемы управляемого выпрямителя при угле $\alpha = 45^\circ$. Вычисленные также с помощью программы *Multisim* значения средних и действующих значений напряжений в схемах совпали с результатами предварительных расчетов, выполненных по формулам (1) и (2). Как показали наши результаты, тиристоры по-прежнему остаются актуальными полупроводниковыми приборами для управления потоками электроэнергии в сетях различной мощности.

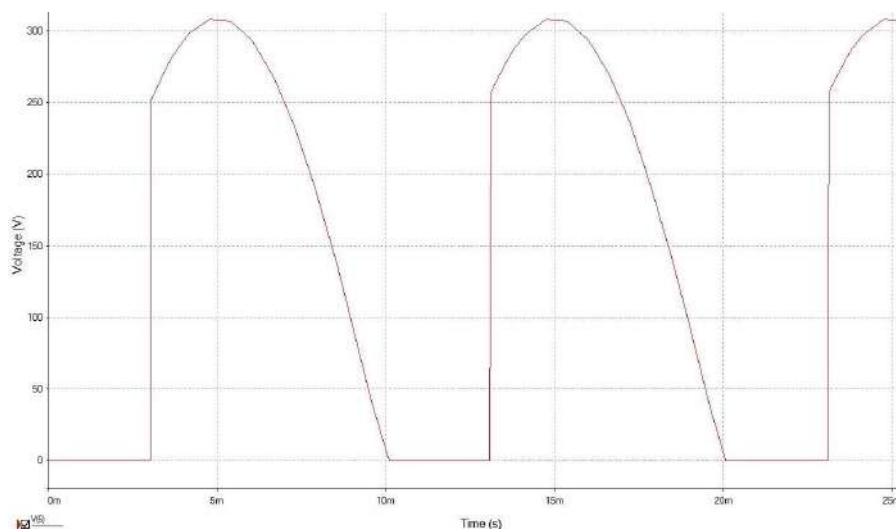


Рис. 3. Осциллограмма $U_{\text{вых}}$ управляемого выпрямителя

Источники

1. Иванов А.Г., Сергеев А.Г. Особенности управляемых выпрямителей в различных токовых режимах // Электротехника. 2009. № 6. С. 33–37.

2. Кабышев А.М., Лыков О.В., Маслаков М.П. Разработка регулятора переменного напряжения // Инженерный вестник Дона. 2021. № 8 (80). С. 191–201.

3. Абдулов М.Р., Пестов А.О. Использование программ имитационного моделирования в решении задач электроэнергетики // Шаг в науку. 2019. № 3. С. 5–9.

УДК:004.89:728.37

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ «УМНЫЙ ДОМ»

Д.И. Гарипов

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Н. Борисов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

garipov.dinar.i.6@gmail.com

В статье описана система управления жизнеобеспечением «Умный дом», были выделены достоинства и недостатки, подчеркнута актуальность и выделены основные перспективные направления развития данной системы.

Ключевые слова: автоматизация, системы мониторинга, перспективные направления, актуальность.

INTELLIGENT AUTOMATION SYSTEM "SMART HOUSE"

D.I. Garipov

KSPEU, Kazan, Russia

garipov.dinar.i.6@gmail.com

The paper considers the integrated automated monitoring and life support management system "Smart Home", noted the relevance in the Russian market, advantages and disadvantages, and also identified promising areas.

Keywords: automation, monitoring systems, promising areas, relevance.

Автоматизация стала неотъемлемой частью современного мира. В том числе она используется и в обычных домах. Каждый день мы производим большое количество действий, которые могут быть выполнены и без нашего участия. Такие действия как поддержание климата или включение света в доме можно автоматизировать. Все это можно реализовать при помощи системы «Умный дом» [1].

«Умный дом» – это жилое помещение, проживание в котором организовано при помощи высокотехнологичных устройств и систем автоматизации. «Умный дом» также обеспечивает безопасность и ресурсоснабжение. Данная система имеет возможность анализировать ситуации и реагировать на них должным образом. Такие дома имеют возможность контролировать температуру, влажность воздуха или настраивать теплоту пола. Данные параметры регулируются различными системами управления [2].

Система «Умный дом» имеет в себе большое количество датчиков, которые располагаются на всей территории дома, включая комнаты и улицу, они формируют единую систему жизнеобеспечения. «Умный дом» включает в себя инженерные системы, системы безопасности и, самое главное, телекоммуникационную систему, – она является связующим звеном для формирования единой системы информирования о вспомогательных системах. Телекоммуникационная система обычно имеет сервер, Wi-Fi роутеры и системы автоматического управления. Роутеры позволяют передавать информацию с датчиков на сервер. Камеры слежения, системы оповещения и охранные системы составляют основную часть системы безопасности. Инженерная часть включает системы снабжения тепла, газа, электричества, вентиляции, а также ветровые системы. Всем частям системы необходимо выполнять все свои задачи без участия человека [3].

«Умный дом» в последнее время пользуется большой популярностью в нашей стране, но почему? Дело в том, что это сильно упрощает эксплуатацию различных видов техники, а также благодаря автоматизации систем коммуникации и охраны. Возможность автоматического устранения неполадок, а также эффективное использование электричества. Однако, как и любая система «Умный дом» также имеет ряд недостатков, в первую очередь – это высокая стоимость оборудования и монтажных работ при установке системы, также нужно понимать, что некоторые функции данной системы могут быть уже не актуальными к моменту установки. Также нужно учитывать совместимость различных устройств, встроенных в системы,

несовместимость устройств может привести к поломке устройства как единой системы [4].

«Умный дом» – очень популярная и перспективная концепция. Уже сейчас большое количество компаний готовы оказать услуги по установке данной системы. Сама технология не является сильно затратной, однако настройка программной части является одной из самых трудных, и, зачастую, не может быть реализована пользователем, из-за чего может обойтись владельцу не в очень дешевую цену. Самые лучшие места по применению данной технологии – крупные офисы, коттеджи и частные дома.

Источники

1. Технология «Умный дом»: что это? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://giox.ru/blogs/smart-home-explained> (дата обращения 10.03.22).

2. Герасимова А.И. Проектирование системы «Умный Дом» // Проблемы Науки. 2015. № 2 (32). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/proektirovanie-sistemy-umnyy-dom> (дата обращения 09.03.2022).

3. Из чего собрать умный дом в 2020 году: от хаба и до лампочки [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/mvideo/blog/499706/> (дата обращения 09.03.22).

4. Мухаметова Л.Р., Ахметова И.Г., Ахметов Т.Р. Оценка эффективности реализации программ энергосбережения. Проблемы энергосбережения в теплоснабжении // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2015. № 9–10. С. 12–21.

УДК 621.396

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ БЕСПРОВОДНЫМ МЕТОДОМ

А.И. Гимадиев

Науч. рук. канд. пед. наук, доцент Л.В. Ахметвалеева

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

azat.gimadiev.99@mail.ru,

В статье рассматриваются основные способы передачи информационных сигналов беспроводным методом для решения задач по удаленному управлению

устройствами и системами по беспроводной сети *Wi-Fi* и *5G*. А также общая архитектура беспроводной технологии.

Ключевые слова: дистанционное управление, *Wi-Fi*, *5G*, беспроводная связь, информационный сигнал.

FEATURES OF TRANSMISSION OF INFORMATION SIGNALS BY WIRELESS METHOD

A.I. Gimadiev

KSPEU, Kazan, Russia

azat.gimadiev.99@mail.ru.

The article discusses the main methods of transmitting information signals wirelessly to solve the problems of remote control of devices and systems via a *Wi-Fi* and *5G* wireless network. As well as the overall architecture of wireless technology.

Keywords: remote control, *Wi-Fi*, *5G*, wireless communication, information signal.

В последние годы сети связи пятого поколения *5G* (*Fifth Generation*), а также сети связи шестого поколения *6G* (*Sixth Generation*) вызывают обширный исследовательский интерес.

Консорциум *3GPP* (*3rd Generation Partnership Project*) обязует сети связи *5G* поддерживать определенный сценарий использования, в который входят улучшенная мобильная широкополосная связь, массовая межмашинная связь, а также сверхнадежная межмашинная связь с низкими задержками. Вдобавок к этому, одной из ключевых услуг, предоставляемых сетями связи *5G*, считается сценарий "автомобиль – все окружение" (*enhanced vehicle-to-everything, eV2X*) [1]. Эти сценарии требуют массового подключения устройств с высокой пропускной способностью и улучшенной спектральной эффективностью, что создает серьезные проблемы для внедрения сетей связи *5G* и *6G*. Использование традиционных схем модуляции и технологий множественного доступа (*Multiple Access, MA*) не позволит достичь требуемых показателей в сетях связи *5G* и *6G* (табл. 1). Применение новых типов модуляции сигнала и технологий множественного доступа становятся необходимыми для удовлетворения растущим требованиям к сетям связи *5G* и *6G*.

Таблица 1

Характеристики сетей связи 5G и 6G

Характеристики	5G	6G
Индивидуальная скорость передачи данных	1 Гбит/с	100 Гбит/с
Скорость загрузки данных	20 Гбит/с	Более 1000 Гбит/с
Задержка в <i>U</i> -плоскости	0,5мс	Менее 0,1мс
Задержка в <i>S</i> -плоскости	10мс	Менее 1мс
Подвижность	500 км/ч	1000 км/ч
Рабочая частота	3-300 ГГц	1000 ГГц

Пропускная способность, помехоустойчивость и емкость сильно зависят от выбора конкретного типа модуляции [2]. Для обеспечения работы сетей связи в соответствии с требованиями к сетям 5G и 6G были предложены различные типы модуляции, основанные на фильтрации поддиапазонов, формировании импульсов и прекодировании для уменьшения внеполосной интерференции. Различия сетей 5G и 6G отражены в таблице 1 [3].

Связь между устройствами не генерируется от отправителя к получателю [4]. Для передачи информации между объектами (устройство и сервер) применяется множество различных концепций и технологий.

Источники

1. Бакулин М.Г., Бен Режеб Т.Б.К., Крейнделин В.Б., Миронов Ю.Б., Панкратов Д.Ю., Смирнов А.Э. Схемы модуляции для систем сотовой связи 5G/IMT-2020 и 6G // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2022. Т. 16. № 3. С. 11–17.

2. Ахметвалеева Л.В., Галимуллин Н.Р. Возможности режима широтно-импульсной модуляции в дистанционных системах управления // Информационные технологии в электротехнике и электроэнергетике: материалы 12-й Всерос. научн.-техн. конф. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2020. С. 489–491.

3. С.А. Хофизов, Ю.М. Долбич. Оценка коммуникаций будущего: от 5G до 6G // Экономика и качество систем. Москва: Изд-во Национального института радио и инфокоммуникационных технологий, 2022. С. 24–31.

4. Голенищев-Кутузов А.В., Голенищев-Кутузов В.А., Семенников А.В. и др. Дистанционная диагностика дефектов в высоковольтных изоляторах // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22, № 2. С. 117–127.

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Р.Р. Гиматдинов

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент О.Г. Дударовская; ассистент А.Д. Саниева
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
ruhusruhum@gmail.com

Статья посвящена литературному обзору применения технологий искусственного интеллекта 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, электроэнергетика

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE POWER INDUSTRY

R.R. Gimatdinov

KSPEU, Kazan, Russia
ruhusruhum@gmail.com¹

The article is devoted to a literary review of the use of artificial intelligence 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, electric power industry.

На сегодняшний день, несмотря на технический прогресс, энергетическая отрасль столкнулась с рядом проблем, связанных с отсутствием анализа состояния электросетей, мониторинга соединения кабельных линий. Для крупных предприятий энергетического комплекса важен не только сбор и хранение данных, но и анализ полученных данных, информация о режимах работы оборудования, об изменениях, которые могут стать причиной аварии или неисправности.

Также в связи с прекращением поставок и отсутствием на рынке продуктов иностранных брендов остро встала задача в разработке и

производстве на территории России устройств, которые станут прекрасной альтернативой дорогостоящим зарубежным аналогам.

На период до 2035 года энергетическая стратегия Российской Федерации предполагает структурную перестройку отрасли, в рамках которой обеспечивается процесс замещения импорта, направленный на приоритетное использование российских технологий, что открывает много новых возможностей для развития отечественных компаний разных отраслей, в том числе производителей электротехнического оборудования.

Потенциал использования технологий искусственного интеллекта (ИИ) в электроэнергетике очень высок. В связи с этим, теме применения технологий искусственного интеллекта в энергетическом секторе уделяется повышенное внимание со стороны ученых и специалистов.

На сегодняшний день электроэнергетика все чаще использует искусственный интеллект при решении следующих задач: оптимизации работы; профилактическом обслуживании; ремонте; прогнозировании; оптимизации запасов и других стратегических бизнес-решений; настройки продуктов и маркетинговых мероприятий; автоматизации процессов измерения; выставлении счетов и общего распределения [1,2].

Согласно проведенному обзору, внедрение технологий искусственного интеллекта становится бесценным инструментом для повышения качества работы сложного энергоемкого промышленного оборудования, надежности электроснабжения потребителей, для обеспечения энергосбережения, снижения рисков аварий, пожаров, коротких замыканий, а также повышения уровня безопасности на предприятиях [3,4].

Но наряду с преимуществами применения технологий искусственного интеллекта существуют и проблемы, обусловленные оснащением предприятий необходимыми устройствами, стоимость которых еще достаточно высока. Также необходимо акцентировать внимание на нехватке специалистов в этой области, учебно-методических материалов для переподготовки специалистов.

Источники

1. Vadinsky O. An overview of approaches evaluating intelligence of artificial systems // Acta informatica pragensia. 2018. № 7–1. С. 74–103.
2. Алешева Л.Н. Интеллектуальные обучающие системы // Вестник университета. 2018. № 1. С. 149–155.
3. Демкин В.И. История и перспективы развития нейронных сетей // Вестник современных исследований. 2018. № 6.1 (21). С. 366–368.

4. Smart Grid или умные сети электроснабжения [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.eneca.by/ru_smartgrid0/ (дата обращения 11.03.22).

УДК 533.6.013.622

БЕСПИЛОТНЫЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА

И.Ф. Давлетшин

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Н. Борисов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

cliva.mark@yandex.ru

В данной статье представлено описание беспилотных летательных аппаратов на базе микроконтроллеров. Описаны основные элементы и преимущества данных устройств, а также изучена актуальность аппаратов.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, микроконтроллер, полетный контроллер, аппараты без экипажа, электронное устройство.

UNMANNED AERIAL VEHICLE BASED ON A MICROCONTROLLER

I.F. Davletshin

KSPEU, Kazan, Russia

cliva.mark@yandex.ru

This article describes unmanned aerial vehicles based on microcontrollers. The main elements and advantages of these devices are described, as well as the relevance of the devices is studied.

Keywords: unmanned aerial vehicle, microcontroller, flight controller, UAVs, vehicles without crew, electronic device.

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА), или проще говоря, дроны – это летательные аппараты выполняющие полеты без наличия экипажа на борту, управление которыми осуществляется дистанционно, при помощи автономного программного обеспечения (контроллеров), установленного на борту БПЛА [1].

К примеру, для оперативного обнаружения и последующего устранения пожаров на сегодняшний день используются беспилотные

летательные аппараты, которые в последние годы подверглись широкому развитию, получили инновационные технологии для дистанционного выполнения всевозможных задач в автономном режиме. Управление осуществляется при помощи микроконтроллерной системы и заданной программы. Такие аппараты как никогда актуальны и могут быть применены для быстрого обнаружения очагов возгорания, что повышает эффективность пожаротушения, для поиска людей, как в горящих зданиях, так и на обширных открытых местностях, что существенно снижает количество жертв в техногенных катастрофах и в других случаях [2].

В качестве центрального процессора используется микроконтроллер, который обеспечивает считывание данных с датчиков, вычисление оборотов двигателей, анализ всевозможных данных.

Полетный контроллер – это электронное устройство, которое представляет из себя вычислительную систему, осуществляющую работу по сложным алгоритмам и управляющую полетом беспилотного летательного аппарата [3].

Беспилотные аппараты аэродинамически непостоянны и также имеют необходимость в безустанной стабилизации на протяжении всего полета. Возникновение довольно высокоактивных микроконтроллеров, а также единых датчиков ускорения и угловой скорости на базе микроэлектромеханических структур, дало возможность справиться с данной проблемой, и мотивировать дальнейшее становление сферы высокопроизводительных полетных контроллеров (автопилотов) со всевозможными компонентами, методики которых, в свою очередь, открывают всё новые и новые способности управления полетом. Преимущества беспилотных летательных аппаратов с полетным контроллером более чем очевидны, они позволяют не только стабилизировать аппарат, но и выполнять обширные функции, такие как автономный полет, оперативная передача на землю полученной достоверной информации, параметров полета и другие [4].

Разнообразие полетных контроллеров состоит не только в видах применяемых элементов частей, из которых они состоят, но и в устанавливаемом программном обеспечении, проще говоря прошивке. Прошивка – это то, на чем осуществляет работу полетный контроллер, это специализированный распорядок положений и алгоритмов, обрабатываемых микроконтроллером и при отсутствии которых БПЛА даже не запустится, не говоря уже о возможности полёта. Для всех без исключения прошивок разрабатывается собственный поддерживаемый конфигуратор, программное обеспечение с графическим интерфейсом,

благодаря которому регулируется и загружается прошивка в управляющий контроллер [5].

В последние годы ведутся научно-практические исследования, сосредоточенные исключительно на применении методов цифровой обработки данных и компьютерного зрения, направленных для разрешения всевозможных задач по данным с беспилотных летательных аппаратов.

Источники

1. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://neftegaz.ru/tech-library/tekhnologii/676518-bespilotnye-letatelnye-apparaty-bpla/> (дата обращения: 09.01.2023).

2. Алешко Р.А., Алексеева А.А., Шошина К.В., Богданов А.П., Гурьев А.Т. Разработка методики актуализация информации о лесном участке с использованием снимков со спутников и малых БПЛА // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 5. С. 87–99.

3. Полетный контроллер [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.geoscan.aero/ru/master/database/const-module/flightcon/flightcon.html> (дата обращения: 04.02.2023).

4. Василин Н.Я. Беспилотные летательные аппараты. М.: Попурри, 2012. 272 с.

5. Полетный контроллер, для чего он нужен [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://profpv.ru/poletnyj-kontroller/> (дата обращения: 05.02.2023).

УДК 537.867

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ И РАСЧЕТ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ «ЗАМЫКАНИИ» ВЛ 10 кВ НА ВЛ 0,4 кВ

Р.Р. Давлетшин

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор М.Ф. Садыков

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

davletshinrr@lineworker.ru

В работе для режима «замыкания» фазы высоковольтной линии электропередачи (ВЛ) 10 кВ на фазу ВЛ 0,4 кВ, были проведены расчеты по выбору реактора для преобразовательной подстанции 110 кВ Муслюмкино.

Ключевые слова: напряжение в электроустановках, поражение электрическим током, силовой трансформатор, регулирование под нагрузкой.

EXPERIMENTAL ELECTRICAL MEASUREMENTS AND CALCULATION OF TRANSIENTS DURING THE "CLOSURE" OF A 10 kV OVERHEAD POWER TRANSMISSION LINE ON A 0.4 kV OVERHEAD POWER TRANSMISSION LINE

R.R. Davletshin
KSPEU, Kazan, Russia
davletshinrr@lineworker.ru

In the work for the mode of "closing" the phase of a high-voltage transmission line of 10 kV to a phase of 0.4 kV, calculations were carried out on the choice of a reactor for a 110 kV converter substation Muslyumkino.

Keywords: voltage in electrical installations, electric shock, power transformer, regulation under load.

Широкое внедрение методов обслуживания сети под напряжением позволяет повысить технико-экономическую эффективность работы распределительной сети за счет значительного сокращения продолжительности перерывов энергоснабжении потребителей, повысить производительность и безопасность труда эксплуатационного персонала.

Под напряжением считается такая работа (РПН), при которой провода и оборудование, на которых выполняется работа, находятся под рабочим или наведенным напряжением. Безопасность работников при этом обеспечивается применением основных электрозащитных средств (изолирующие съемные вышки, изолирующие штанги и т.д.) и дополнительными мероприятиями (создание однопотенциальных условий и т.д.).

Одной из наиболее широко распространенных проблем в электрических сетях являются внутренние перенапряжения в рабочих электрических сетях 6-35 кВ. Перенапряжения делятся на коммутационные – возникающие за счет технологических переключений, аварийные – например, при ударе молнии, резонансные – вследствие

резонанса контура и различные феррорезонансные. Одной из наиболее эффективных мер по защите электрических сетей от перенапряжения является включение в нейтральную точку трехфазной сети дугогасящего реактора (ДГР), который позволяет компенсировать емкостные токи, возникающие при однофазном замыкании на землю в электросети с изолированной нейтралью.

С целью оценки возможного влияния на переходные процессы наличия в сети дугогасящего реактора (ДГР) для режима «замыкания» фазы высоковольтной линии электропередачи (ВЛ) 10 кВ на фазу ВЛ 0,4 кВ были проведены расчеты по выбору реактора для преобразовательной подстанции (ПС) 110 кВ Муслюмкино.

Результаты расчетов показали, что наличие ДГР на секции шин 10 кВ ПС 110/10 кВ Муслюмкино существенного влияния на переходные процессы не оказали. Напряжение прикосновения ($U_{пр.}$) поврежденной фазы ВЛ 0,4 кВ снизилось на 12% по сравнению с номинальным фазным напряжением и составило $U_{пр.}=193,6$ В. При этом потенциал на нулевом проводе составил $U_N = 25,4$ В (см. таблицу 1 п.1).

В реальной практике повреждения силового трансформатора 6-10/0,4 кВ в комплектной трансформаторной подстанции (КТП) (закрытой трансформаторной подстанции; распределительной подстанции) [1], связанные с нарушением внутренней изоляции и переходом потенциала с обмотки высшего напряжения (ВН) на обмотку низшего напряжения (НН), в процентном отношении встречается не так часто [2]. Однако, учитывая важность рассматриваемого вопроса и возможность, хоть и гипотетически, совпадения по времени с работой под напряжением эксплуатационного персонала на ВЛ 0,4 кВ и повреждения трансформатора, питающего ту же самую ВЛ 0,4 кВ, где ведутся работы под напряжением, техническим заданием было предусмотрено проведение математических расчетов «перехода ВН в сеть НН» в трансформаторе.

Как показали расчеты, потенциал на поврежденной фазе «А» ВЛ 0,4 кВ увеличился до $1,3 U_{ном}$, в не поврежденных фазах «В» и «С» напряжения остались в пределах номинального значения (220 В). При этом потенциал на нулевом выводе трансформатора возрос и составил $U_N = 62,6$ В (см. таблицу ,п.2).

Сводная таблица результатов экспериментальных электрических измерений и расчетов

№ п/п	№ измерений по программе	Результаты расчетов потенциалов (ϕ . a ; b ; c и n) в середине ВЛ 0,4кВ и тр-ре 10/0,4 кВ, (В)				Примечание
		U_a	U_b	U_c	U_n	
1	№1	220	220	193,6	25,4	Повреждение в фазе С ВЛ 0,4 кВ при наличии ДГР
2	№2	285	220	220,0	62,6	Повреждение ϕ . А в тр – ре 10/0,4 кВ обмотка ВН на обмотку НН

Выводы:

1. Как показывают результаты расчетов, на переходные процессы наличие ДГР на ПС 110/10 кВ Муслюмкино существенного влияния не оказало. Напряжение прикосновения поврежденной фазы ВЛ 0,4 кВ снизилось на 12% по сравнению с номинальным фазным напряжением [3] и составило $U_{пр.}=193,6$ В. При этом потенциал на нулевом проводе составил $U_N=25,4$ В. Указанные значения для эксплуатационного персонала, работающего по методу РПН, не представляют опасность.

2. Повышенное значение напряжения прикосновения на поврежденной фазе «А» ВЛ 0,4 кВ до $U_{пр.} = 285$ В и в «нуле» $U_N = 62,6$ В для эксплуатационного персонала работающего по методу РПН не представляет опасность [4].

Источники

1. Андреев И.А., Безбородов А.А. Разработка методики идентификации дефектов изоляции статорной обмотки высоковольтных электрических машин // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета «Электротехника». 2013. № 1. С. 99–105.

2. Сапожников А.В. Уровни изоляции электрооборудования высокого напряжения. Нормы и методы испытания электрической прочности. М.: Энергия, 1969. 296 с.

3. Рюденберг Р. Переходные процессы в электроэнергетических системах. М.: Изд-во иностранной литературы, 1955. 714 с.

4. Галеева Р.У., Назаров А.В., Хасаншин А.А. Влияние электромагнитных связей между проводами двухцепной воздушной линии и поверхностью земли на переходные режимы // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2019. Т. 21, № 1–2. С. 67–76.

УДК 621.38

КОМПЛЕКС ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МАТЕРИАЛЫ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ»

А.А. Зайтов

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доцент А.А. Потапов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

aidarik24111@mail.ru

В статье представлена разработка виртуального лабораторного комплекса по проведению исследований проводников, полупроводников и сегнетоэлектриков. Данный комплекс основан на математических моделях физических явлений в этих материалах и предназначен для проведения лабораторных работ по дисциплине «Материалы электронной техники» в дистанционном формате. Комплекс внедрен на кафедре промышленной электроники и используется при подготовке студентов заочной формы обучения.

Ключевые слова: модель, *LabVIEW*, проводимость проводников, эффект Холла, сегнетоэлектрик.

COMPLEX OF VIRTUAL LABORATORY WORKS FOR THE DISCIPLINE "MATERIALS OF ELECTRONIC EQUIPMENT"

A.A. Zaitov

KSPEU, Kazan, Russia

aidarik24111@mail.ru

The article presents the development of a virtual laboratory complex for conducting research on conductors, semiconductors and ferroelectrics. This complex is based on mathematical models of physical phenomena in these materials and is intended for laboratory work in the discipline "Materials of Electronic Equipment" in a remote format. The complex is implemented at the Department of Industrial Electronics and is used in the study of part-time students.

Keywords: model, *LabVIEW*, conductivity of conductors, Hall effect, ferroelectric.

В вузовском образовании, в последнее время, активно набирают популярность дистанционные методы обучения. Главной проблемой использования такого формата в подготовке инженерных специальностей в технических вузах является невозможность проведения лабораторных практикумов на основе традиционных технологий обучения и устаревшего приборного парка. Так как преимущество технологии виртуальных приборов состоит в возможности создавать разнообразные лабораторные стенды, приборы и измерительные системы [1], в том числе основываясь на математических моделях физических явлений, то для реализации комплекса лабораторных работ нами была выбрана виртуальная среда программирования *LabView* [2].

С помощью программы *LabVIEW*, нами разработаны виртуальные лабораторные стенды по дисциплине «Материалы электронной техники». Они предназначены для студентов заочной и дистанционной форм обучения. Лабораторный комплекс содержит следующие работы «Изучение свойств проводников», «Изучение свойств полупроводниковых материалов», «Изучение свойств сегнетоэлектриков». В данных работах студенты исследуют и анализируют физические свойства этих материалов. При исследовании проводников проводится измерение температурной зависимости удельной электрической проводимости для различных металлов и сплавов. Исследование полупроводников состоит в измерении удельного электрического сопротивления четырехзондовым методом и исследование эффекта Холла. При изучении свойств сегнетоэлектриков исследуется зависимость поляризации от приложенного электрического поля при различных температурах. На каждом этапе можно сохранять текущие результаты измерений и построенные зависимости для их дальнейшей обработки. Имеется возможность проводить анализ множества материалов.

Рассмотрим подробнее программу для изучения свойств сегнетоэлектриков. Пользователю видна лицевая панель виртуального прибора (рис.1), которая состоит из визуального отображения петли гистерезиса, ее основных параметров, а также регулятора для изменения амплитуды электрического поля. Имеются кнопки для записи и сохранения результатов измерения в табличной форме и в виде графика. Блок-диаграмма программы представлена на рисунке 2. Программа выполнена в структуре «Последовательность». В первом фрейме программы выполняется настройка начальных параметров всех элементов лицевой панели. Во втором фрейме осуществляется обработка событий, а в третьем вывод на экран петли гистерезиса, подсчет её основных параметров:

остаточной поляризации (P_r), коэрцитивной силы (E_c), поляризации насыщения (P_s) и поля насыщения (E_s), а также площади петли гистерезиса, которая характеризует потери в образце за цикл переполяризации.

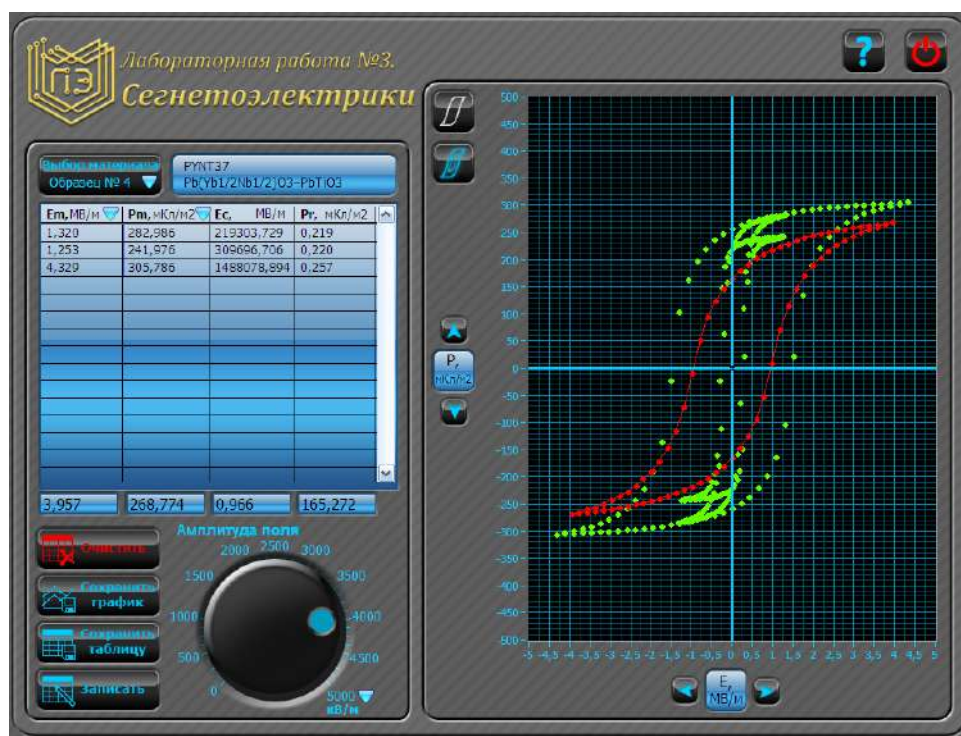


Рис. 1. Лицевая панель виртуального прибора

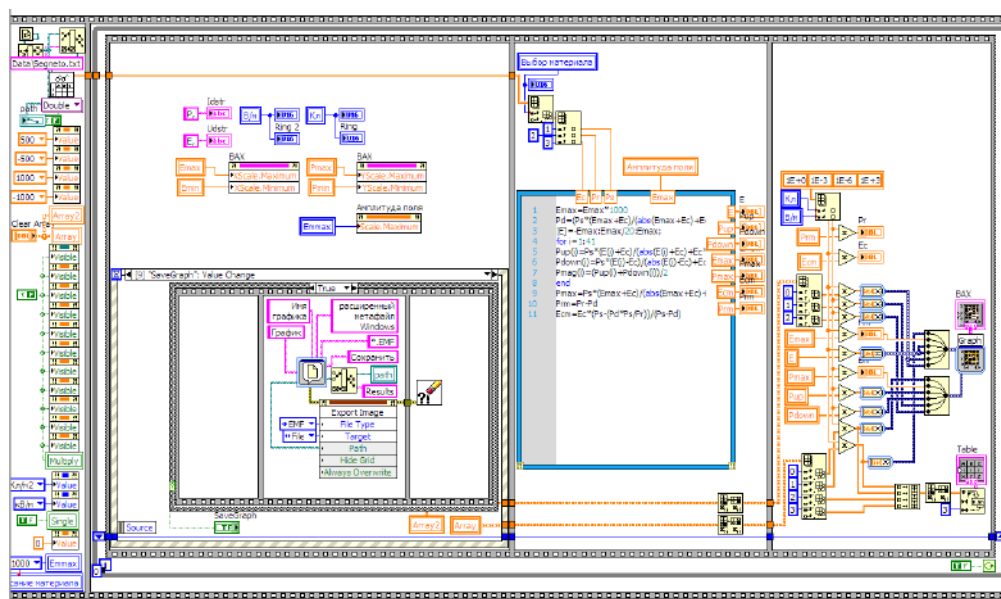


Рис. 2. Блок-диаграмма прибора

В результате проведенной работы был создан комплекс виртуальных лабораторных работ по исследованию характеристик различных материалов. Достоинством применения технологии виртуальных приборов является то, что имеется возможность без труда расширить номенклатуру исследуемых материалов и внедрить дополнительные методы исследования.

Источники

1. Аввакумов М.В., Голенищев-Кутузов А.В. Методика исследования электрического пробоя элементов из электротехнического фарфора // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2003. № 5–6. С. 148–153.
2. Тревис Д. LabVIEW для всех. М.: ДМК Пресс, ПриборКомплект, 2005. 544 с.

УДК 621.31

РАСЧЕТ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ИМПУЛЬСНОГО СТАБИЛИЗАТОРА НА МИКРОСХЕМЕ ШИМ-КОНТРОЛЛЕРА

А.С. Иванов

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, профессор Р.И. Калимуллин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
316andreyivanov316@gmail.com

В статье рассмотрен способ расчета и моделирования импульсного стабилизатора на микросхеме ШИМ-контроллера.

Ключевые слова: импульсный стабилизатор, ШИМ-контроллер, расчет, моделирование.

CALCULATION AND SIMULATION OF A PULSE STABILIZER ON A PWM-CONTROLLER

A.S. Ivanov

KSPEU, Kazan, Russia
316andreyivanov316@gmail.com

The article describes a method for calculating and modeling a pulse stabilizer on a PWM controller chip.

Keywords: pulse stabilizer, PWM controller, calculation, modeling.

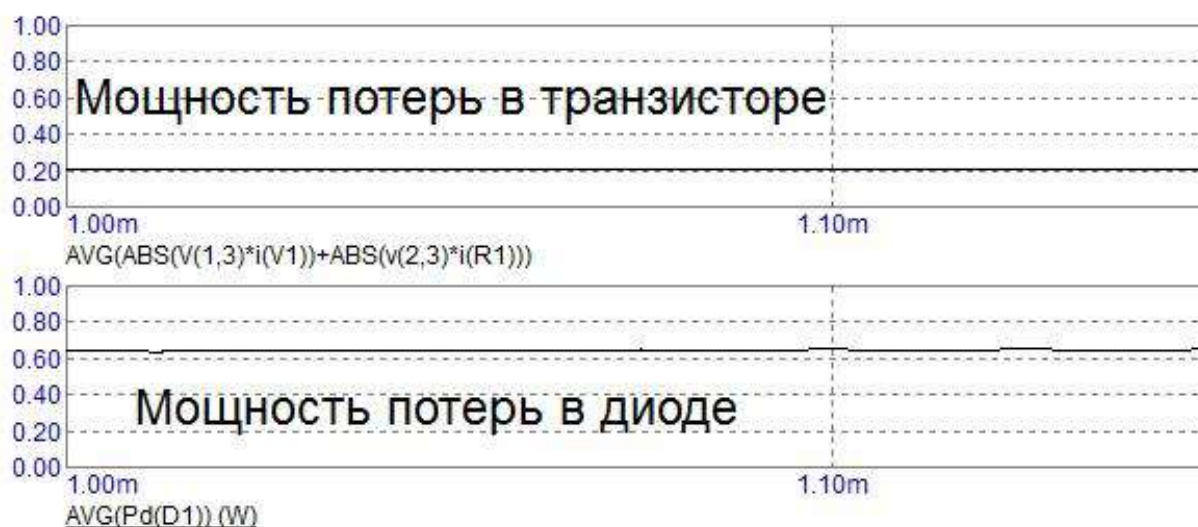
Обеспечение современной электронной аппаратуры качественным питанием было и остается актуальной практической задачей. В настоящее время на рынке широко представлены микросхемы (отечественные и импортные), на базе которых можно разрабатывать двухтактные и однотактные импульсные источники питания. Обычно такие микросхемы реализуют полный набор функций ШИМ-управления: формирование опорного напряжения, усиление сигнала ошибки, формирование пилообразного напряжения, ШИМ-модуляцию, формирование двухтактного (при необходимости) выхода, защиту от сквозных токов и прочее [1].

Соответственно, расчет импульсного стабилизатора на базе микросхемы ШИМ-контроллера обычно сводится к выбору топологии силовой части (понижающей, повышающей, инвертирующей или же, например, SEPIC), к расчету и выбору параметров силовых элементов схемы (накопительного дросселя, сглаживающего конденсатора, силовых транзистора и диода по максимальным значениям тока и напряжения), а также элементов «обвязки» микросхемы контроллера [2]. Выбор последних обычно проводится непосредственно по рекомендациям, содержащимся в руководстве пользователя микросхемы (так называемом *Datasheet*).

После расчета и выбора элементов схемы обычно проводится схемотехническое моделирование с целью уточнения и оптимизации параметров, определения теплового режима работы и выбора радиаторов охлаждения (при необходимости) [3, 4]. На сегодняшний день существует немало специальных пакетов программ для моделирования и сквозного проектирования электронных схем. В случае моделирования таких несложных, в общем-то, устройств, как импульсные стабилизаторы, уместно использовать программные продукты, отличающиеся доступностью и при этом простотой использования, такие как *Multisim* компании *National Instruments* или *Micro-Cap* компании *Spectrum Software* [5]. Последний из них, дошедший в своем 40-летнем развитии до версии 12, в настоящее время доступен к свободной установке из дистрибутивов с официального сайта компании-разработчика. От аналогичного в целом по характеристикам *Multisim* его отличает более «продвинутый» математический аппарат обработки результатов моделирования и их графического представления (множество функций и операций, благодаря которым можно выводить на экран моделирования, например, среднюю мощность, рассеиваемую в приборе, а не только ее мгновенное значение).

На рисунке приведены результаты такого моделирования схемы импульсного стабилизатора, понижающего напряжение с 12 до 5 В и работающего на частоте 40 кГц. Показаны временные диаграммы средних значений мощности, выделяющейся в транзисторе (206 мВт) и диоде (660 мВт) уже в установившемся режиме, спустя 1 мс после включения.

В случае таких простых элементов, как резистор, диод и т.д., имеющих только два вывода, среднее за период значение мощности в программе Micro-Cap обозначается как $AVG(Pd(D1))$, где $D1$ – позиционное обозначение элемента на схеме (в данном случае диода). В случае более сложных, «многополюсных» компонентов, целесообразнее записывать мощность в виде суммы составляющих, например, во входной и выходной цепях транзистора, а саму мощность определять как произведение соответствующих токов и напряжений. Кроме того, нередко возникают сложности с пониманием, какое направление тока элемента программа сочтет положительным, а какое отрицательным, и какой, соответственно, будет знак произведения тока на напряжение. Поэтому также задействуем функцию «Модуль» (ABS) [5].



Фрагменты временных диаграмм мощностей потерь в транзисторе и диоде импульсного стабилизатора, полученные в результате анализа переходных процессов в программе *Micro-Cap 12*

Источники

1. Власов А.И., Зотин В.Ф., Потапов Л.А. Промышленные испытания интегральных микросхем ШИМ-контроллеров // Вестник Брянского государственного технического университета. 2014. № 2 (42). С. 92–96.

2. Капулин Д.В. Методика расчета параметров силовых цепей быстродействующих импульсных стабилизаторов напряжения // Авиакосмическое приборостроение. 2011. № 10. С. 15–19.

3. Родин М.В. Схемотехническое моделирование источников электропитания: Учебное пособие. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. 146 с.

4. 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.

5. Амелина М.А., Амелин С.А. Построение непрерывных моделей импульсных преобразователей постоянного напряжения // Практическая силовая электроника. 2019. № 3 (75). С. 20–28.

УДК 621.314.5

СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ КАСКАДОМ ИНВЕРТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ МОДУЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПИТАНИЯ

М.А. Константинов¹, Д.А. Ульянов², Н.Н. Вихорев³

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

¹makskonstantinov1@gmail.com, ²klinkswwww@mail.ru, ³nnvikhorev@gmail.com

В статье предложен способ регулирования параметров выходного напряжения преобразователя, путём геометрического суммирования векторов напряжений, формируемых инверторами нескольких параллельно включённых модулей, объединённых через индивидуальные серийные трансформаторы. Представлена имитационная модель геометрического суммирования на примере параллельного включения двух однофазных мостовых инверторов в среде *Matlab/Simulink*.

Ключевые слова: геометрическое суммирование, вектор напряжения, модульный преобразователь, инвертор, высоковольтный аккумулятор.

METHOD OF CONTROLLING THE CASCADE OF VOLTAGE INVERTERS OF MODULAR UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLIES

M.A. Konstantinov¹, D.A. Ulyanov², N.N. Vikhorev³

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

¹makskonstantinov1@gmail.com, ²klinkswwww@mail.ru, ³nnvikhorev@gmail.com

The article proposes a method for regulating the parameters of the output voltage of the converter by geometrically summing the voltage vectors generated by the inverters of

several parallel modules connected through individual serial transformers. A simulation model of geometric summation is presented on the example of parallel activation of two single-phase bridge inverters in the Matlab/Simulink environment.

Keywords: geometric summation, voltage vector, modular converter, inverter, battery.

Любая система бесперебойного электропитания переводит нагрузку на альтернативный источник электроэнергии при возникновении неполадок в основной сети. Для источников бесперебойного питания (ИБП) таким резервом являются аккумуляторные батареи (АКБ) [1].

Одной из конструкций высоковольтной АКБ является структура «батарея – инвертор – трансформатор». Данный вариант упрощает наращивание выходной мощности, обеспечивает взаимозаменяемость элементов, снижает время устранения последствий аварийных ситуаций. Выходные инверторы могут соединяться для увеличения выходного напряжения и тока (рис.1, а), или только для наращивания тока (рис.1, б). В качестве ограничения перетекания токов параллельных секций, возможно применение уравнивающих дросселей.

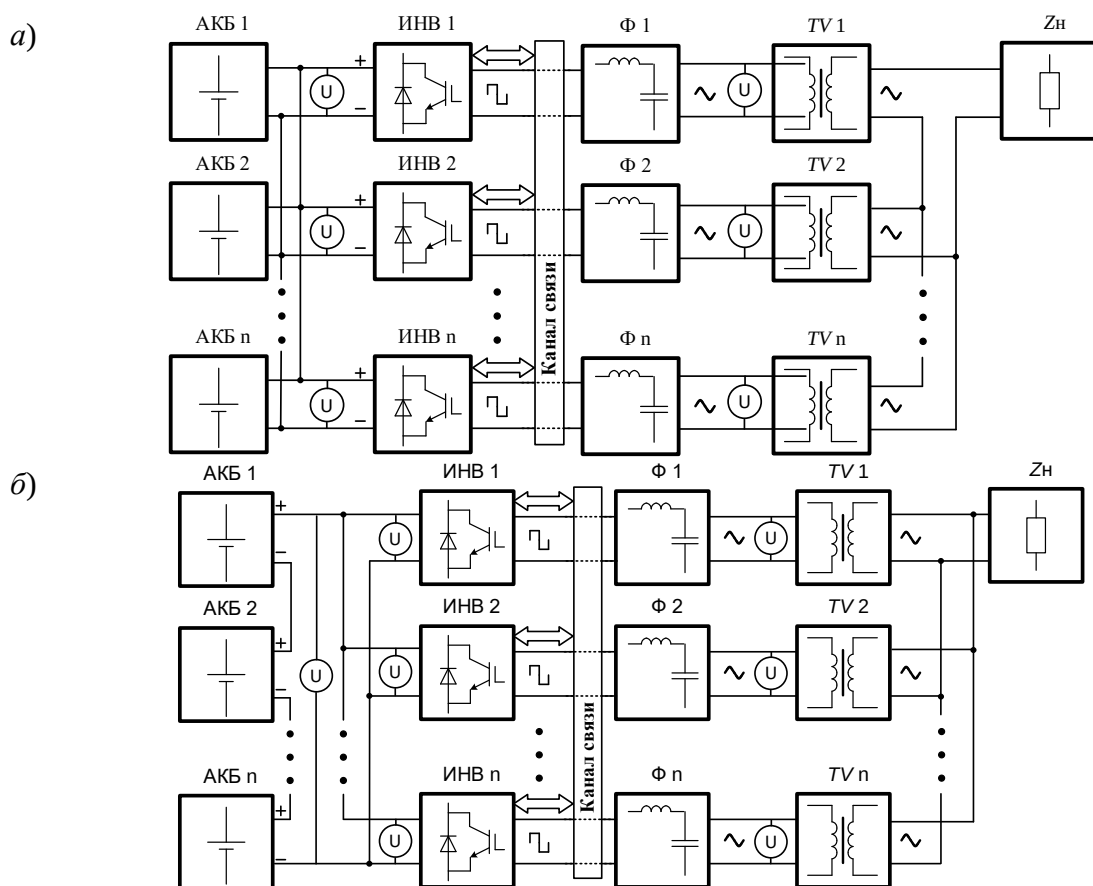


Рис. 1. Варианты построения модульного преобразователя напряжения:
а – с последовательно-параллельным соединением инверторов, б – с параллельным соединением инверторов

С использованием независимых каналов передачи и преобразования энергии, возможно применение метода геометрического суммирования выходных напряжений инверторов. Суть метода заключается в изменении фазового угла φ_p между напряжениями преобразователей $U_{н1}$, $U_{н2}$ при неизменной амплитуде (рис. 2, а), при этом результирующий вектор напряжения U_n изменяется от нуля до удвоенного значения выходного напряжения одного из преобразователей при соблюдении равенства амплитуд $U_{н1}$, $U_{н2}$ [2]. Таким образом можно осуществлять регулировку, не внося нелинейных искажений в сеть работой полупроводниковых ключей преобразователя, тем самым сохраняя качество выходного напряжения и уменьшая габариты фильтра. В качестве визуализации применения геометрического суммирования, в рамках модульного АКБ, разработана имитационная модель в среде *Matlab/Simulink*. Выходное напряжение однофазных мостовых выпрямителей, равное по амплитуде и частоте, но смещённое по фазе, относительно друг друга, через сериесные трансформаторы подаётся на общую активную нагрузку. Для сглаживания пульсаций, на выходах инверторов установлены LC-фильтры. Коэффициент трансформации повышающих трансформаторов – 2.

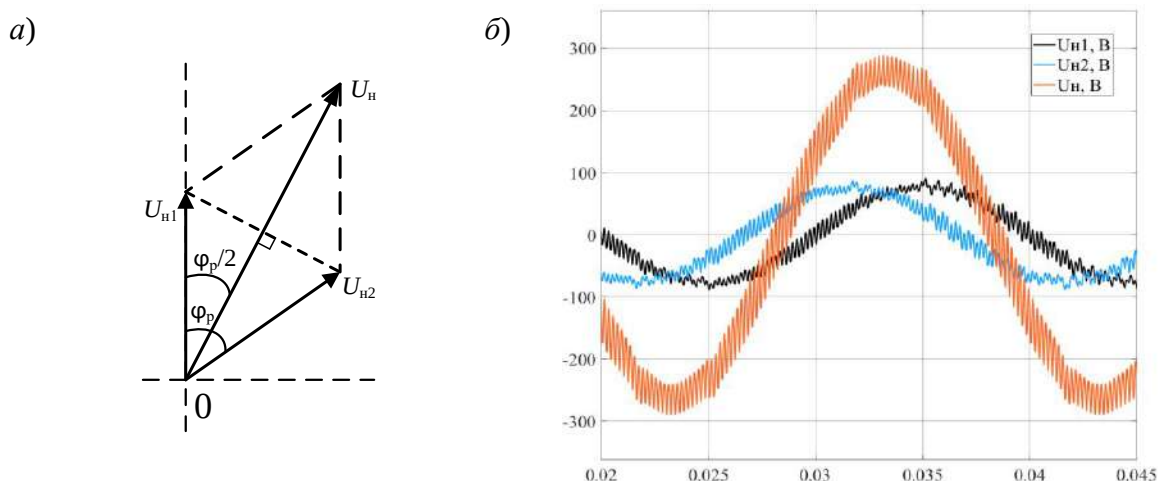


Рис. 2. Векторная диаграмма сложения напряжений (а) и диаграмма работы модульного преобразователя напряжений (б)

Действующее значение напряжения на нагрузке (рис. 2, б) равно удвоенному значению, формируемого каждым из инверторов. Таким образом АКБ, инвертор и выходной трансформатор можно выполнить полностью идентичными, наращивая выходное напряжение до требуемой величины путём параллельного включения модулей.

«Работа выполнена в рамках государственного задания на оказание государственных услуг (тема № FSWE-2022-0006)».

Источники

1. Аккумуляторные батареи для ИБП и телекоммуникаций. Обзор современных технологий [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ups-nn.ru/> (дата обращения: 28.02.23).

2. Борисов А.С. Вихорев Н.Н., Алёшин Д.А., Калинин В.И. Способы повышения качества выходного напряжения инвертора при глубоком регулировании // Актуальные проблемы электроэнергетики. Нижний Новгород. 2019. С. 11–16.

УДК 681.586.54

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРЯДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ ИЗОЛЯЦИИ ОПТИЧЕСКИМ (УФ) МЕТОДОМ

А.А. Кочеткова, Е.Д. Малаева

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Д.А. Иванов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

azalkakarimova.16@mail.ru

Повышение потребления электроэнергии является причиной проблем качества передачи. Электрические пробой и коронные разряды возникают вследствие увеличения потребления, некачественного уровня обслуживания, износа, а также увеличения эксплуатационной нагрузки.

Ключевые слова: оптический детектор, УФ камера, разрядные процессы, высоковольтная изоляция.

INVESTIGATION OF DISCHARGE PROCESSES IN HIGH-VOLTAGE INSULATION BY OPTICAL (UV) METHOD

A.A. Kochetkova¹, E.D. Malaeva²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

¹azalkakarimova.16@mail.ru, ²malaeva_eva01@mail.ru

Increased electricity consumption is the cause of transmission quality problems. Electrical breakdowns and corona discharges occur due to increased consumption, poor-quality level of their maintenance, wear and tear, as well as an increase in operational load.

Keywords: optical detector, UV camera, discharge processes, high-voltage insulation.

Коронный разряд вызывает повреждения высоковольтной изоляции, тем самым, диагностика и дефектоскопия является актуальной задачей данного исследования [1].

Целью является проведение исследований разрядных процессов оптическим методом с использованием УФ-камеры для разработки портативного оптического детектора разрядных процессов в высоковольтной изоляции.

В данной работе мы хотим привести пример регистрации разрядов с помощью ультрафиолетовой камеры SogoCAM7 [2]. Условия эксперимента: расстояние от УФ-камеры до игольчатого электрода – 135 см, влажность в лаборатории 36,7 %; температура в лаборатории 23,9 °С.

УФ-камера SogoCAM7 позволяет обнаруживать коронные разряды. С помощью ультрафиолетовой камеры, трансформатора и игольчатого электрода, был проведен эксперимент и получена зависимость числа фотонов от напряжения (представлена на рисунке 1) [3].

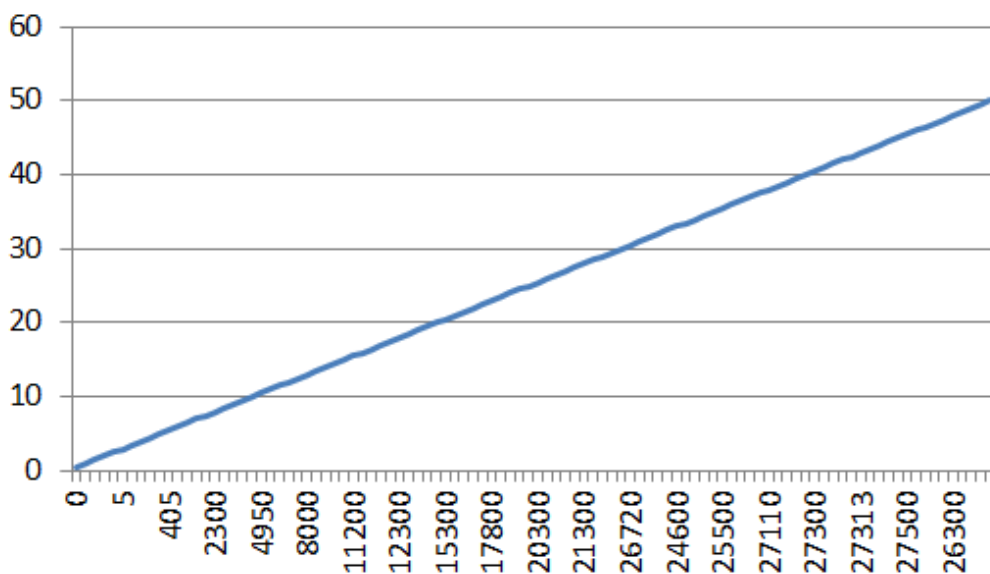


Рис. 1. График зависимости числа фотонов от напряжения

На рисунке 2 изображена схема установки, которая включает в себя УФ камеру, источник высокого напряжения с повышающим трансформатором 70 кВ и игольчатый электрод.

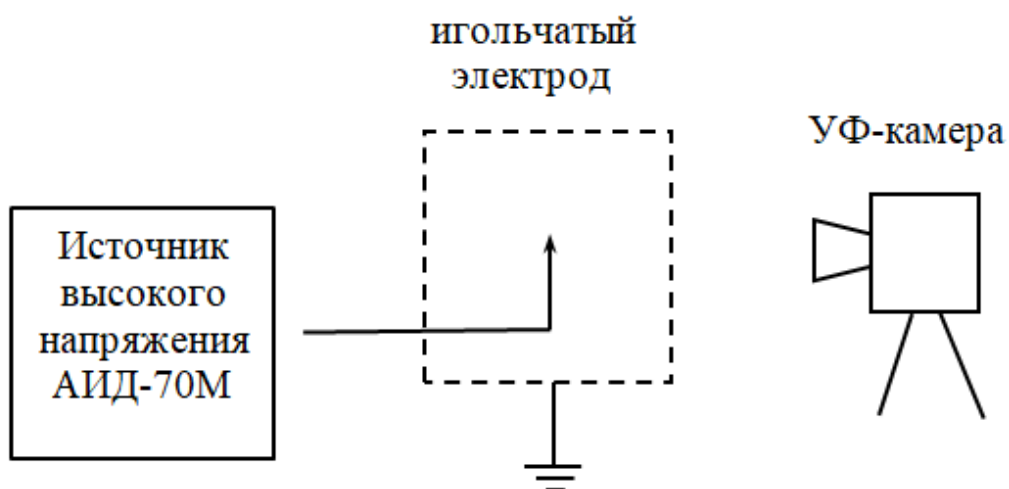


Рис. 2. Схема установки

При повышении напряжения от 1 кВ до 50 кВ, было зафиксировано увеличение количества разрядов. Количество разрядов фиксировалось с помощью ультрафиолетовой камеры. Ниже приведены получаемые результаты разрядов на игольчатом электроде на УФ-камере CoroCAM7 (рис. 3). Каждый разряд фиксируется в виде красного пятна на экране камеры.

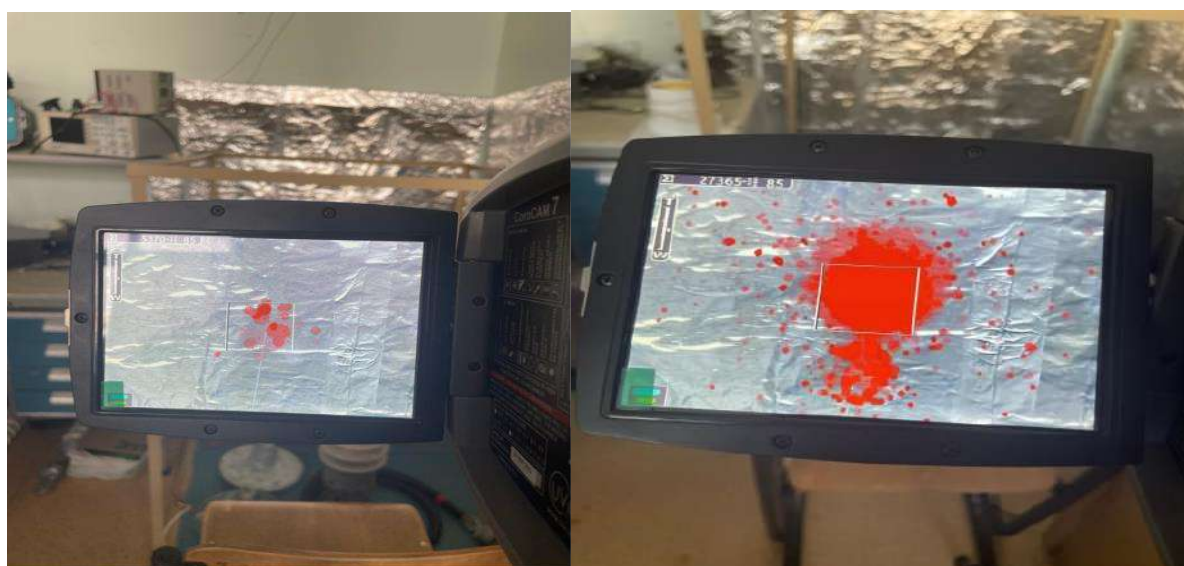


Рис. 3. Разряды при 10 кВ (слева) и 40 кВ (справа)

Источники

1. Получение и интерпретация изображений электрических разрядов для дефектоскопистов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.corocamuv.ru/menu_6_1.html (дата обращения: 25.11.22).
2. Голенищев-Кутузов В.А., Голенищев-Кутузов А.В., Семенников А.В. и др. Лазерно-электрический метод контроля дефектности высоковольтных диэлектрических элементов // Известия Российской академии наук. Серия физическая. 2022. Т. 86, № 11. С. 1660–1663.
3. Иванов Д.А. Экспериментальная система мониторинговой диагностики высоковольтных изоляторов в процессе эксплуатации // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2022. № 6. С. 15–23.

УДК 628.9.06

ЭВОЛЮЦИЯ И БУДУЩЕЕ СОВРЕМЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ

И.Н. Лесниченко

Науч. рук. канд. техн. наук., преподаватель Р.Р. Гибадуллин

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

lesnichenkoivan@yandex.ru

В статье предложено изучение эволюции и перспективы развития современного освещения. Благодаря многочисленным новым электрическим и цифровым инновациям сегодняшнего дня, освещение сейчас становится одним из востребованных направлений в фотоэлектронике и светотехнике. В наши дни освещение – это не просто источник света, это носитель инноваций и инновация сама по себе. Эволюция освещения прошла долгий путь, и мы только немного затронули эту тему с её многочисленными технологическими и реальными последствиями.

Ключевые слова: освещение, фотоэлектроника, светотехника, перспективы развития.

EVOLUTION AND FUTURE OF MODERN LIGHTING

I.N. Lesnichenko

KSPEU, Kazan, Russia

lesnichenkoivan@yandex.ru

The article proposes the study of the evolution and development prospects of modern lighting. Thanks to the many new electrical and digital innovations of today, lighting is now becoming one of the most sought-after areas in photoelectronics and lighting engineering. Today, lighting is not just a source of light, it is a carrier of innovation and innovation in itself. The evolution of lighting has come a long way, and we've only scratched the surface of this topic with its many technological and real-world implications.

Keywords: lighting, photoelectronics, lighting engineering, development prospects.

Освещение теперь питается не только электричеством, но и децентрализованными источниками питания. В настоящее время люди меньше зависят от электросетей.

В эволюции освещения также наблюдается значительный переход от использования компактных люминесцентных ламп (КЛЛ или CFL) к светодиодным устройствам на светодиодах. КЛЛ – это, по сути, миниатюрные лампы дневного света (повторяющие размеры стандартных ламп накаливания), а это значит, что они по-прежнему потребляют энергию, даже когда они выключены. Светодиоды, с другой стороны, потребляют энергию только тогда, когда через них проходит электрический ток. Их можно быстро включать и выключать с помощью компьютеризированных микроконтроллеров. Светодиоды также выделяют меньше тепла и могут служить дольше, чем КЛЛ. Из-за всех этих преимуществ внедрение светодиодов растёт, особенно сейчас, когда цены на светодиоды снижаются [1].

Есть лампы, которые меняют цвет и интенсивность в зависимости от температуры и окружающей среды. Существует также управление освещением с помощью *Bluetooth*, *Wi-Fi*, интеллектуальных концентраторов или интеллектуальных динамиков. Теперь вы можете получать доступ к освещению и управлять им удаленно с помощью смартфона или планшета [2].

Сегодня можно выделить несколько брендов, лидирующих в инновациях в области интеллектуального освещения. Компания *General Electric Co.* теперь шагнула в мир интеллектуальных технологий со своими осветительными приборами. В сентябре 2017 года компания выпустила настольную лампу *C by GE Sol*, работающую на интеллектуальных колонках *Amazon Alexa*. *GE* утверждает, что это не просто инновация в эволюции освещения, а новый образ жизни. Нет необходимости в отдельном эхо-блоке или концентраторе, поскольку *Sol* выполняет функцию интеллектуального динамика [3].

С другой стороны, *Acuity Brands* внедряет технологии в архитектуру и имеет один из самых обширных продуктовых портфелей. Компания из Атланты создает сенсорную сеть в зданиях в надежде, что эти здания в конечном итоге интегрируются в умный город. Сенсорная сеть – это инфраструктура светодиодного освещения, которая интегрируется с мобильными телефонами для аналитического анализа пешеходного движения. Аэропорты могут использовать эту технологию для внутренних помещений, чтобы сделать их более энергоэффективными. Таким образом, в помещениях с меньшим количеством людей освещение можно приглушить или выключить, что существенно экономит энергию. Одним из популярных продуктов *Acuity Brands* является миниатюрная силиконовая оптика *Juno Flex Connect* для стрижки, мытья и других акцентных применений.

Рассмотрим современные тенденции освещения в повседневной жизни. Поскольку интеллектуальное освещение является платформой для взаимодействия с "умным городом", оно может поддерживать и подключать IoT, датчики и радиостанции, которые используют предприятия, дома и целые города. Светодиодное освещение может подключаться к Интернету или облаку, что позволяет легко интегрировать его с другими интеллектуальными техническими устройствами. Эти уличные фонари в конечном итоге образуют нейронную сеть, которая управляет городами и управляет ими. Затем эта сеть превращается в массивную систему, оптимизирующую движение и транспортные системы, и контролирующую общественную безопасность [4].

Внедрение эффективных тенденций в области интеллектуального освещения всегда является первым шагом в развитии умных городов, поскольку это подготавливает к принятию других инициатив IoT. Действительно, будущее и эволюция освещения направлены на создание интеллектуальных приложений для создания обществ, которые являются высоко инновационными, экологически безопасными и способствуют устойчивому подходу к потреблению энергии для повседневной жизни.

Источники

1. Буланов Ю.А. Освещение в мире // Просвещение. 2015. № 2. С. 43.
2. Остапенко Л.А. Светотехника // Педагогика. 2021. № 3. С. 249.
3. Куралёва О.О. Развитие освещения // Проблемы педагогики. 2020. № 3. С. 132.
4. Любер А.А. Мир света // Просвещение. 2015. № 2. С.55.

УДК 621.316.722.1

МЕТОД СМЯГЧЕНИЯ ПРОВАЛОВ И СКАЧКОВ НАПРЯЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПТИМИЗИРОВАННОГО ЦИФРОВОГО РЕГИСТРАТОРА С НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКОЙ УПРАВЛЕНИЯ

А.А. Любишев¹, Д.В. Мелешкин²

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, профессор Р.И. Калимуллин

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

^{1,2}s.lyubishev@yandex.ru

Для поддержания качества электроэнергии необходимо своевременно обнаружить и компенсировать возникновение нарушений напряжения. Помехи, такие как скачки напряжения, провалы напряжения и переходные процессы, вызывают серьезные проблемы с электрическими устройствами. В данной статье для смягчения

вышеуказанных возмущений рассматривается восстановитель динамического напряжения с нечеткой логикой, настроенный с использованием метода роя частиц.

Ключевые слова: электроэнергия, восстановитель динамического напряжения, нечеткая логика, метод роя частиц, *IGBT*.

METHOD OF MITIGATION OF VOLTAGE DIP AND SURGE USING AN OPTIMIZED DIGITAL RECORDER WITH FUZZY CONTROL LOGIC

A.A. Lyubishev¹, D.V. Meleshkin

KSPEU, Kazan, Russia

¹s.lyubishev@yandex.ru

To maintain power quality, it is necessary to detect and compensate for the occurrence of voltage disturbances in a timely manner. Interferences such as power surges, voltage dips and transients cause serious problems with electrical devices. In this article, to mitigate the above perturbations, we consider a dynamic stress restorer with fuzzy logic tuned using the particle swarm method.

Keywords: electric power, dynamic voltage restorer, fuzzy logic, individual swarm method, *IGBT*.

Качество электроэнергии определяется как способность энергосистемы поставлять качественную электроэнергию потребителям. Если в чистом синусоидальном сигнале возникает какое-либо отклонение, оно классифицируется по различным нарушениям качества электроэнергии [1]. Устранение помех имеет важное значение, и это можно сделать путем компенсации помех с помощью подходящих устройств, например, цифровым динамическим восстановлением напряжения (ДВН) [2].

Работа ДВН на базе контроллера с нечеткой логикой, настроенного на основе оптимизации роя частиц (ОРЧ), показана на рисунке 1. Функция контроллера в регистраторе заключается в обнаружении возникновения помех в системе, оценке компенсирующего напряжения и подаче сигналов на срабатывание переключателей в ШИМ-инверторе на транзисторах *IGBT*. Преобразование Кларка принято для преобразования трехфазного V_{abc} в стационарную систему отсчета $V_{\alpha\beta 0}$.

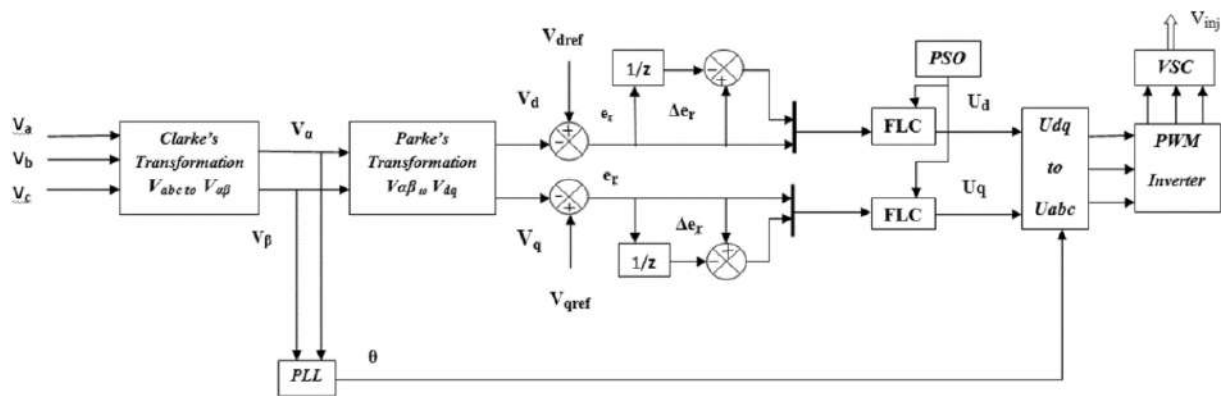


Рис. 1. ДВН на базе контроллера с нечеткой логикой, на основе ОРЧ

Преобразование Парка помогает изменить $V_{\alpha\beta 0}$ в стационарную систему отсчета к синхронно вращающейся системе отсчета V_{dq} . Стационарные опорные напряжения обозначаются как V_{0C} , V_β , V_0 и синхронные опорные напряжения могут быть представлены как V_d и V_q .

В сбалансированном состоянии прямое и квадратурное осевые напряжения должны быть $V_d = 1$ и $V_q = 0$, при возникновении какой-либо неисправности значения V_d и V_q изменяются. Путем сравнения этих напряжений с опорными значениям $V_{dref} = 1$ и $V_{qref} = 0$, получаем сигнал ошибки e_r , Δe_r на вход нечеткого регулятора. Выход контроллера представляет собой управляющий сигнал, в то время как в сочетании с несущим сигналом генерируются стробирующие импульсы.

Контроллер с нечеткой логикой — это уникальный метод, который используется для управления системой. Необходимы два контроллера нечеткой логики, потому что мы даем два входа — ошибка и изменение ошибки — каждому контроллеру и получаем один выход. На рисунке 2 показаны четыре основных функциональных блока при работе нечеткой логики.

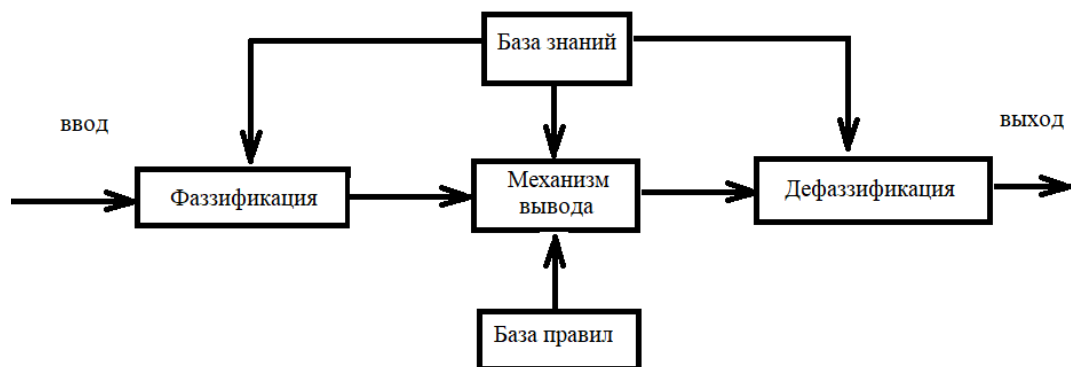


Рис. 2 Блок-схема функциональной нечеткой логики

В блоке фаззификации входные сигналы, ошибка и частота ошибок преобразуются в нечеткие переменные с помощью функций принадлежности. Количество нечетких множеств и ширина функции принадлежности определяются в зависимости от задачи или приложения. [3]

Метод роя частиц – это эффективный алгоритм оптимизации, эволюционный метод поиска. Для данного метода не требуется никакой релевантной информации. Целью ОРЧ является минимизация ошибки управления нечеткой логики.

Настройка цифрового регистратора с нечеткой логикой управления на основе оптимизации скопления частиц обеспечивает быстрое реагирование и эффективное смягчение нарушений качества электроэнергии. Искажения, возникающие внезапно из-за различных неисправностей в распределительной системе, устраняются, и восстанавливается синусоидальная форма сигнала.

Источники

1. Булат В.А., Губанович А.Г., Силук С.М. Электромагнитные переходные процессы: Учебное пособие. Минск: Издательский центр БНТУ, 2020. 216 с.

2. Определение качества электроэнергии [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://khomovelectro.ru/articles/opredelenie-urovney-kachestva-elektroenergii.html> (дата обращения: 24.02.2023).

3. Григорьева Д.Р., Гареева Г.А., Басыров Р.Р. Основы нечеткой логики: Учебно-методическое пособие к практическим занятиям и лабораторным работам. Набережные Челны: Изд-во НЧИ КФУ, 2018. 42 с.

УДК 621.45.018.2

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА И ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ С РАЗЛИЧНЫМИ ДЛИНАМИ ВОЛН НА БИОПРОДУКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ

Е.Д. Малаева

Науч. рук. ассистент Т.Г. Галиева

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

malaeva_eva01@mail.ru

В ходе выполнения данной работы были проведены исследования влияния искусственного освещения с различными длинами волн (красный: 620-625 нм, синий: 460-465 нм, фиолетовый: 380-430 нм) на рост растений, с одинаковыми образцами.

Проведенные исследования позволяют выявить наиболее благоприятный тип освещения и применить результаты в производственных масштабах.

Ключевые слова: растения, фитоосвещение, электромагнитный спектр, лабораторная установка.

DEVELOPMENT OF A LABORATORY STAND AND INVESTIGATION OF THE EFFECT OF ARTIFICIAL LIGHTING WITH DIFFERENT WAVELENGTHS ON PLANT BIOPRODUCTIVITY

E.D. Malaeva
KSPEU, Kazan, Russia
malaeva_eva01@mail.ru

In the course of this work, studies were conducted on the effect of artificial lighting with different wavelengths (red: 620-625 nm, blue: 460-465 nm, purple: 380-430 nm) on plant growth, with the same samples. The conducted research makes it possible to identify the most favorable type of lighting and apply the results on a production scale.

Keywords: plants, phyto lighting, electromagnetic spectrum, laboratory installation.

Растения поглощают свет, используя энергию для фотосинтеза. Свет различной длины волны влияет на процесс роста растений неодинаково. Для выращивания растений при искусственном освещении используются, в большинстве случаев, электрические источники света, разработанные конкретно для стимуляции роста растений за счет излучения волн электромагнитного спектра при полном отсутствии естественного света или при его недостатке [1].

Для проведения эксперимента была собрана лабораторная установка в лаборатории КГЭУ А корпуса, 305 ауд (рис. 1). Она состоит из 3 ламп искусственного освещения с разными длинами волн, 4 лотков микрорезлени с агроватой и семенами гороха сорта мадрас в качестве образцов, фольги для лучшего отражения света [2, 3].

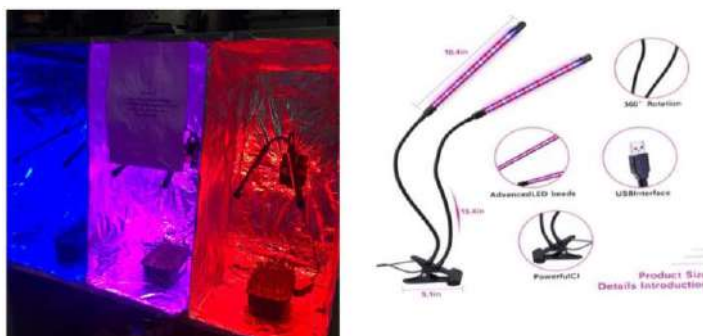


Рис. 1. Лабораторная установка, лампы для фитоосвещения

В результате эксперимента, спустя 10 дней, мы выяснили: по росту и весу больше всех превосходят растения с диапазоном 460-465 нм (синий спектр). Также была проведена проба растений среди сотрудников – при красном спектре чувствовалась горечь, при естественном освещении – сухость и «безвкусие», при смещении красного и синего спектра – отсутствие горечи и сухости, при синем – некоторые заметили безвкусие, остальные отметили этот вариант наиболее предпочтительным (рис. 2) [4].



Рис. 2. Результаты эксперимента. Образцы, выращенные при:
1 – синем спектре; 2 – синем и красном (малиновом) спектре; 3 – красном спектре; 4 – естественном освещении

Вывод – при недостатке света рост растений замедляется, листья становятся бледными, растения вытягиваются, становятся слабыми, теряют прочность, перестают цвести и могут погибнуть. При достаточном освещении они хорошо развиваются, у них появляются новые листья, растения быстро растут. Поэтому в работе поднимается актуальная агропромышленная проблема – при выращивании растений в осенний, зимний и весенний период при низком естественном освещении.

На основе проведенных исследований было установлено, что необходимо создать собственную автоматическую установку с фитосветильниками, имеющую следующие характеристики:

- автоматическая регулировка уровня освещенности с имитацией увеличенного светового дня (регулировка уровня освещенности в зависимости от времени суток);
- автоматическая регулировка длины волны;
- автоматическое включение и отключение по расписанию.

Источники

1. Fahl J.I., Carelli M.L.C., Vega J., Magalhães A.C. Nitrogen and irradiance levels affecting net photosynthesis and growth of young coffee plants (*Coffea arabica* L.) // Journal of Horticultural Science. 1994. Т. 69 (1). С. 161–169.
2. Сааков С.Г. Оранжерейные и комнатные растения и уход за ними. Л.: Наука, 1983. 621 с.
3. Литвинов С.С. Методика опытного дела в овощеводстве. М.: ГНУ Всероссийский научно-исследовательский институт овощеводства, 2011. 648 с.
4. Поезжалов В.М. Исследование эффективности светодиодного освещения для закрытого грунта // Достижения науки - агро-Вестник НГИЭИ: Материалы IV Международной научно-технической конференции. Челябинск, 2017. № 7 (74). С. 50–56.

УДК 621.376.54

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СХЕМЫ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ШИМ-МОДУЛЯЦИЕЙ

В.А. Мамедов

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доцент А.А. Потапов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

vasyn.sovet.99@mail.ru

В статье представлена имитационная модель асинхронного двигателя с ШИМ-модуляцией. Описаны основные элементы и результаты моделирования.

Ключевые слова: асинхронный режим, электропривод, моделирование, ШИМ.

SIMULATION OF THE ASYNCHRONOUS MOTOR CIRCUIT WITH PWM MODULATION

V.A. Mamedov

KSPEU, Kazan, Russia

vasyn.sovet.99@mail.ru

The article proposes a simulation model of an asynchronous electric drive, which is a combination of an autonomous voltage inverter with PWM modulation, performed in a *NI Multisim* environment. The main elements and simulation results are described.

Keywords: asynchronous mode, electric drive, simulation, PWM.

Электрическая энергия уже давно используется для формирования механического движения (вращение или перемещение) с помощью электромеханических приводов. В США большая часть производимой электрической энергии потребляется электродвигателями. Из них большинство приходится на автомобили и бытовое хозяйство примерно в равной степени [1].

Целью исследования является моделирование схемы асинхронного двигателя с ШИМ-модуляцией. Средой для моделирования была выбрана программа *Multisim* от *National Instruments*.

Система управления нашим двигателем будет осуществляться при помощи ШИМ-контроллера. Главными преимуществами данного вида управления являются: стабильная работа при высоких частотах, сравнительно высокий КПД, а также отсутствие перегрева. Также важным элементом нашей схемы является задающий генератор. Задающий генератор выполняет функцию передачи импульсов, имеющих определённую частоту, на ШИМ-контроллер [2]. Ещё в схеме при помощи стабилитронов реализована защита от перенапряжения. При превышении предельного напряжения на них происходит пробой, после чего в нем начинает возрастать сила тока. Тепловая защита реализована на основе теплового реле [3].

Смоделированная схема устройства представлена на рисунке 1.

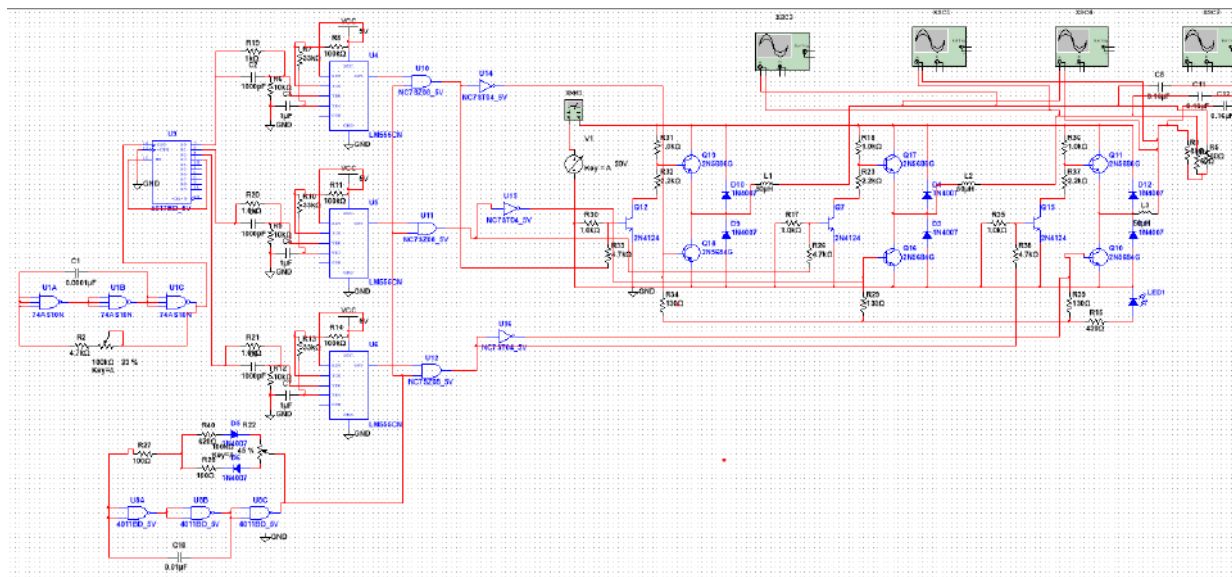


Рис 1. Схема устройства в программной среде *Multisim*

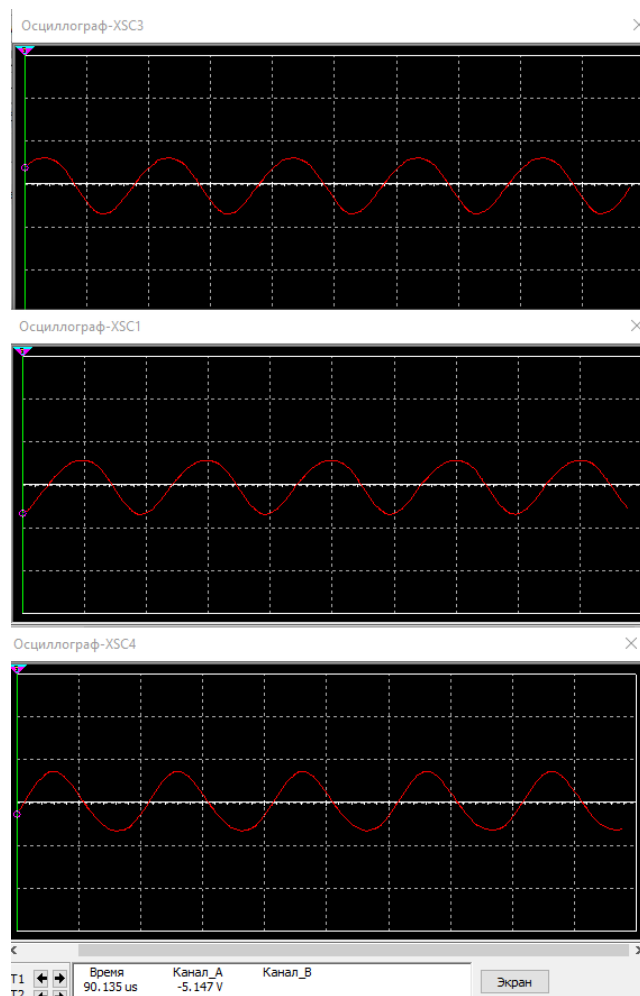


Рис 2. Полученные в ходе моделирования выходные характеристики

В ходе работы была смоделирована схема асинхронного электропривода с автономным инвертором напряжения, получены выходные характеристики. Основные недостатки данного устройства – это относительно большие пусковые токи и слабый пусковой момент. Основными достоинствами данного электродвигателя являются низкая стоимость, а также легкость в проектировании и конструкции.

Источники

1. Гольдберг О.Д., Гурин Я.С., Свириденко И.С. Проектирование электрических машин. Учеб. для вузов. М.: Высшая школа, 2001. 430 с.
2. Кравчик А.Э., Шлаф М.М., Афонин В.И., Соболенская Е.А. Асинхронные двигатели серии 4А. Справочник. М.: Энергоиздательство, 2009. 504 с.

З. Лихачев В.Л. Справочник обмотчика асинхронных электродвигателей. М.: СОЛОН-Пресс, 2004. 240 с.

УДК 62-799

МОДУЛЬ СБОРА И ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДАННЫХ ДЛЯ КОМПЛЕКСА ДИАГНОСТИКИ И ПЛАВКИ ГОЛОЛЕДА НА ВЛЭП

С.Ю. Маслов¹, А.Д. Арсланов², З.А. Даутов³

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Д.А. Иванов

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹saveli2000@gmail.com, ²arslanovad97@gmail.com, ³dautovza@gmail.com

В статье рассмотрен опытный образец модуля сбора и преобразования данных для системы мониторинга гололедообразования на воздушных линиях электропередачи. Данный модуль получает данные с установленных на проводе датчиков и по беспроводному каналу связи передает их по интерфейсу UART на микрокомпьютер *Orange Pi*, в котором происходит обработка и их дальнейшее распространение при помощи микросхемы *MAX485CSA* по интерфейсу RS-485 на диспетчерский пульт.

Ключевые слова: система мониторинга гололедообразования, ВЛЭП, UART, RS-485, преобразование данных, *Orange Pi*, *MAX485CSA*.

MODULE FOR DATA ACQUISITION AND CONVERSION FOR THE COMPLEX OF DIAGNOSIS AND HUNGER MELTING ON HIGH POWER LINES

S.Y. Maslov¹, A.D. Arslanov², Z.A. Dautov³

^{1,2,3}KSPEU, Kazan, Russia

¹saveli2000@gmail.com, ²arslanovad97@gmail.com, ³dautovza@gmail.com

The article considers a prototype of a module for collecting and converting data for a system for monitoring icing on overhead power lines. This module receives data from the sensors installed on the wire and wirelessly transmits them via the UART interface to the *Orange Pi* microcomputer, in which it is processed and further distributed using the *MAX485CSA* chip via the RS-485 interface to the dispatcher console.

Keywords: icing monitoring system, high voltage power lines, UART, RS-485, data conversion, *Orange Pi*, *MAX485CSA*.

Для того чтобы обеспечить возможность сбора информации с датчиков о состоянии провода, и осуществлять взаимодействие системы мониторинга гололедообразования с промышленным контроллером *Orange Pi*, был разработан специализированный модуль сбора и преобразования данных (рис. 1) [1].



Рис. 1. Опытный образец модуля преобразования данных

Данный модуль при помощи антенны и установленной на плате микросхемы *ETRX357HR-LR* (рис. 2) принимает данные с датчиков СМГ-16 по беспроводному каналу связи и передает их по интерфейсу UART на промышленный контроллер. В нем происходит дальнейшая обработка сигнала. Также в состав платы входят разъёмы для программирования и питания, имеется специальный вход под карту памяти, где происходит хранение полученных данных [2].



Рис. 2. Модуль связи *ETRX357HR-LRS*

Для осуществления связи с диспетчерским пультом используется микросхема *MAX485CSA*, которая позволяет вывести полученные данные с контроллера по интерфейсу RS485. Это необходимо, так как *Orange Pi* не оснащен встроенным интерфейсом передачи данных, поддерживаемым диспетчерским пультом [3].

Исследования выполнены в рамках программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030»: соглашение №075-15-2021-1087 от 30.09.2021, соглашение №075-15-2021-1178 от 30.09.2021.

Источники

1. Ярославский Д.А., Садыков М.Ф., Конов А.Б., Иванов Д.А., Горячев М.П., Ямбаева Т.Г. Методика мониторинга гололедных отложений на проводах ВЛ с учетом разрегулировки линейной арматуры // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19, № 5–6. С. 89–97.

2. Электроэнергетика и электроника: матер. Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения – 2020 «Энергетика и цифровая трансформация»». В 3 т. Т. 1. (Казань, 28–29 апреля 2020 г.) / под общ. ред. ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллазянова. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2020. 636 с.

3. Абдуллазянов Э.Ю., Грачева Е.И., Горлов А.Н., Шакурова З.М., Табачникова Т.В., Шумихина О.А., Гибадуллин Р.Р. Исследование качества функционирования электрических аппаратов низкого напряжения в составе электротехнических комплексов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 6. С. 3–15.

РОБОТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

С.Ю. Маслов¹, И.Н. Хамидуллин²

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Д.А. Иванов

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹saveli2000@gmail.com, ²ildar.ildar-xam2017@yandex.ru

В данной статье представлен экспериментальный образец робота для осмотра и анализа высоковольтных линий электропередачи, служащий для предотвращения различных чрезвычайных ситуаций и аварий, которые впоследствии приводят к нарушению бесперебойной передачи электрической энергии к конечным потребителям.

Ключевые слова: ВЛЭП, электрическая энергия, роботизированный комплекс, мониторинг, Аварии, ЧС.

ROBOTIC COMPLEX FOR MONITORING THE STATE OF HIGH- VOLTAGE POWER LINES

S.Y. Maslov¹, I.N. Khamidullin²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

¹saveli2000@gmail.com, ²ildar.ildar-xam2017@yandex.ru

This article presents an experimental model of a robot for inspection and analysis of high-voltage power lines, which serves to prevent various emergencies and accidents, which subsequently lead to a disruption in the uninterrupted transmission of electrical energy to end consumers.

Keywords: HVTL, electrical energy, robotic complex, monitoring, Accidents, emergencies.

На высоковольтных линиях электропередачи (ВЛЭП) возникают различного рода проблемы, которые без надлежащего мониторинга могут привести к нарушению бесперебойной передачи электрической энергии на дальние расстояния, а в худшем случае к аварии, что повлечет за собой

полное или частичное отключение поврежденного участка. Следовательно, часть потребителей, использующих эту энергию, будут обесточены [1].

Поэтому ключевой задачей электросетевого комплекса является мониторинг состояния линий, при котором замеченные проблемы возможно своевременно устранить, повысив надежность работы ВЛЭП.

Именно для таких целей отечественные и зарубежные компании начали разработку роботизированных систем, способных перемещаться по проводу минуя изоляторы и другие препятствия, способных анализировать состояние линии, а также в некоторых случаях выполнять простой ремонт [2].

Вдохновляясь данной идеей, была разработана концепция роботизированного комплекса для обследования ВЛЭП (рис. 1).



Рис. 1. Экспериментальный образец роботизированного комплекса для мониторинга ВЛЭП

Все элементы корпуса были спроектированы и созданы с использованием технологии 3D печати. Сам корпус состоит из двух тороидальных частей, которые представляют собой две половины, скреплённые между собой болтом через специализированные отверстия, и пружину, служащую для создания натяжения, что упрощает его монтаж на провод. В качестве отсека под аккумуляторы выступает специализированный контейнер, установленный между ними. За установку на провод и его дальнейшее перемещение отвечают импровизированные

колеса, имеющие по четыре лопасти на верхней и нижней стороне. Именно на них происходит установка двигателей постоянного тока, работающих от напряжения 9 В.

Принцип работы достаточно прост. После установки робота на провод, на двигатели, подключенные параллельно друг другу, подается напряжение питания. В результате они, двигаясь с одинаковой скоростью, за счет трения провода о колеса, начинают свое движение по нему. Передвигаясь таким образом, можно, установив различные датчики, производить мониторинг состояния линии электропередачи [3].

Таким образом, при дальнейшей доработке опытного образца, возможна установка различного рода датчиков, что позволит после его установки на провод, произвести дистанционный запуск робота, и его дальнейшее передвижение по нему.

Исследования выполнены в рамках программы стратегического академического лидерства «Приоритет2030»: соглашение №075-15-2021-1087 от 30.09.2021, соглашение №075-15-2021-1178 от 30.09.2021.

Источники

1. Большанин Г.А., Плотников М.П., Шевченко М.А. Экспериментальное определение параметров трёхпроводной ЛЭП // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2019. Т. 21, № 4. С. 85–94.

2. Ярославский Д.А., Садыков М.Ф. Разработка устройства для системы мониторинга и количественного контроля гололёдообразования на воздушных линиях электропередачи // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19, № 3–4. С. 69–79.

3. Абдуллазянов Э.Ю., Грачева Е.И., Горлов А.Н., Шакурова З.М., Табачникова Т.В., Шумихина О.А., Гибадуллин Р.Р. Исследование качества функционирования электрических аппаратов низкого напряжения в составе электротехнических комплексов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23, № 6. С. 3–15.

РАСЧЕТ СТРЕЛЫ ПРОВЕСА ПРОВОДА ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ПО ЧАСТОТЕ ЕГО СОБСТВЕННЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Нгуен Ван Ву¹, Ву Нгок Зан²

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Д.А. Ярославский

^{1,2} Экономический университет – технологии для промышленности, Ханой, Вьетнам

¹vu2307@gmail.com, ²vndan@uneti.edu.vn

Климатические условия являются одними из определяющих факторов в расчёте колебательных циклов воздушной линии электропередачи. Связано это с тем, что металлы, используемые при изготовлении проводов, имеют свойство расширяться при высоких температурах и сжиматься при низких. В статье описывается то, каким образом температурные условия в различные времена года влияют на расчёт периода колебаний проводов на линии электропередачи.

Ключевые слова: стрела провеса провода, воздушная линия электропередачи, температура, климат.

CALCULATION OF THE SAG OF A POWER LINE WIRE ACCORDING TO THE FREQUENCY OF ITS OWN MECHANICAL OSCILLATIONS DURING CHANGES IN THE AMBIENT TEMPERATURE

Nguyen Van Vu¹, Vu Ngoc Dan²

^{1,2}University of Economics – Technology for Industries, Hanoi, Vietnam

¹vu2307@gmail.com, ²vndan@uneti.edu.vn

Climatic conditions are one of the determining factors in the calculation of overhead power line oscillation cycles. This is due to the fact that the metals used in the manufacture of wires tend to expand at high temperatures and contract at low temperatures. This article describes how temperature conditions at different times of the year affect the calculation of the oscillation period of wires on an overhead power line.

Keywords: wire sag, overhead power line, temperature, climate.

Представим себе провод в пролете воздушной линии электропередачи (ВЛЭП) как полностью жесткую монолитную изотропную конструкцию

только с одной степенью свободы, вращающейся от оси, проходящей через точки подвеса. Стрела провеса линии электропередачи (ЛЭП) рассчитывается по формуле [1-3]:

$$f \approx 0.31T^2, \quad (1)$$

где: f – стрела провеса провода, м; T – период колебаний в секундах.

Нами было записано видео ВЛЭП, в то же время измерялась температура окружающей среды с помощью датчика температуры. Когда датчик показывал нужную температуру, мы приступали к съемке колебаний ЛЭП (рис. 1), чтобы рассчитать их средний период колебаний.



Рис.1. Видеокамера записывает провода линии передачи при разных температурах окружающей среды

Был сделан расчет периода ЛЭП, соответствующий каждой конкретной температуре. Расчёт среднего периода колебаний провода $T_{\text{средний } i}$ относительно положения равновесия производится исходя из подсчитанных значений общего количества колебаний провода N_i за время t_i , в течение которого совершаются эти колебания. Период колебаний около положения равновесия i рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{средний } i} = \frac{t_i}{N_i} (\text{сек}), \quad (2)$$

где: $T_{\text{средний } i}$ – средний период колебаний с i -м положением равновесия ($i = 1; 2; 3; 4; \dots$)

После расчета всех средних периодов в различных положениях равновесия, мы можем рассчитать общий средний период колебаний линии электропередачи по формуле:

$$T_{\text{среднее общее}} = \frac{t_{\text{общее}}}{N_{\text{общее}}} (\text{сек}), \quad (3)$$

где: $a = 1; 2; 3$; $N_{общееa}$ – общее число колебание ЛЭП ($N_{общееa} = N_1 + N_2 + \dots + N_i$); $t_{общееa}$ – общее время ($t_{общееa} = t_1 + t_2 + \dots + t_i$).

Затем были описаны зависимости периодов колебаний для каждого значения температуры в таблице 1.

Таблица 1

Зависимость механических периодов колебаний линии передачи от температуры

Температура (°C)	$T_{\text{среднее общее1}}$ (Сек)	$T_{\text{среднее общее2}}$ (Сек)	$T_{\text{среднее общее3}}$ (Сек)	$T_{\text{среднее общее4}}$ (Сек)	Стрела провеса, $f(\text{м})$
-07	5,266	5,260	5,272	5,266	5,266
-05	5,208	5,275	5,337	5,273	5,273
-03	5,280	5,279	5,281	5,280	5,279
-01	5,290	5,310	5,300	5,300	5,300
01	5,353	5,310	5,297	5,320	5,320
03	5,260	5,303	5,487	5,350	5,350
05	5,357	5,381	5,372	5,370	5,370
07	5,421	5,420	5,449	5,430	5,430
09	5,477	5,450	5,453	5,460	5,460
11	5,476	5,470	5,494	5,480	5,480
13	5,530	5,520	5,540	5,530	5,530
15	5,535	5,540	5,575	5,550	5,550
17	5,596	5,590	5,614	5,600	5,600
19	5,649	5,724	5,647	5,673	5,673
21	5,767	5,760	5,783	5,770	5,770

Было обнаружено, что чем ниже температура, тем меньше период колебаний линии передачи, а чем выше температура – тем выше период колебаний провода (рис. 2).

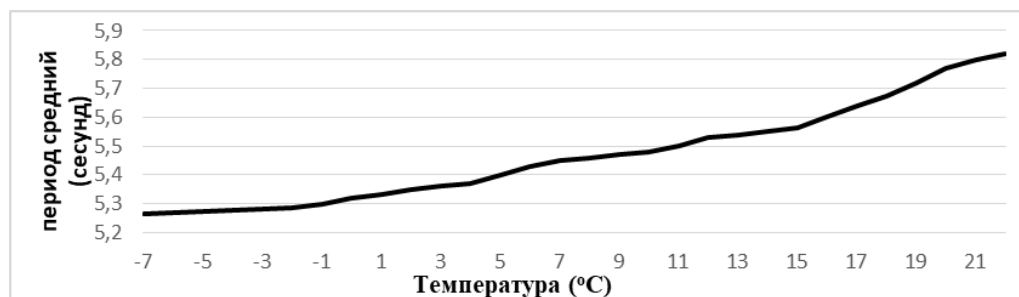


Рис. 2. График зависимости периода колебаний ЛЭП от температуры окружающей среды

Как видно из рисунка 2 график зависимости периода колебаний ЛЭП от температуры окружающей среды, соответствующий каждой температуре, находится по формуле (1).

Источники

1. Ярославский Д.А., Нгуен В.В., Садыков М.Ф., Горячев М.П., Наумов А.А. Модель собственных гармонических колебаний провода для задач мониторинга состояния воздушных линий электропередачи // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22. № 3. С. 97–106.

2. Нгуен Ван Ву. Инклинометрические методы обследования состояния воздушных линий электропередачи // XV международная молодежная научная конференция «Тинчуринские чтения – 2020 «Энергетика и цифровая трансформация», г. Казань: КГЭУ, 2020. Т. 1. С. 260–262.

3. Джанколи Д. Физика: В 2-х т.Т.1: пер. с англ. М.: Мир, 1989. 656 с.

УДК 681.586.78

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ НАГРУЗОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГОРОДСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

Нгуен Зуи Хынг¹, Доан Нгок Ши²

¹Вьетнамско-Венгерский индустриальный университет, Ханой, Вьетнам

²Намдиньский технический педагогический университет, Намдинь, Вьетнам

¹hungnguyenat73@gmail.com, ²ngocsynd@gmail.com

Асинхронные двигатели используются в транспортных средствах из-за их многочисленных преимуществ и часто используются в системах трансмиссии для электромобилей. По истечении времени работы асинхронные электродвигатели часто выходят из строя и должны быть отремонтированы или заменены. При техническом обслуживании асинхронный двигатель часто проверяют на соответствие техническим характеристикам при регламентных работах. Среди различных параметров крутящий момент является величиной, которую необходимо тщательно определить. Для управления скоростью двигателя требуется координация между такими системами, как измерение, двигатель, нагрузка и датчики. Следовательно, крайне важно иметь измерительное устройство, воспроизводящее характеристики крутящего момента асинхронного двигателя при различных нагрузках, особенно для городских железных дорог.

Ключевые слова: Городская железнодорожная сеть, электродвигатель, асинхронный двигатель, момент, датчик момента, микроконтроллер.

INVESTIGATION OF A DEVICE FOR MODELING THE LOAD CHARACTERISTICS OF A CITY RAILWAY

Nguyen Duy Hung¹, Doan Ngoc Sy²

¹The Vietnamese-Hungarian Industrial University, Hanoi, Vietnam

² Nam Dinh Technical Pedagogical University, Nam Dinh, Vietnam

¹hungnguyenat73@gmail.com, ²ngocsynd@gmail.com

Asynchronous motors are used in vehicles because of their many advantages and are often used in transmission systems for electric vehicles. After the operating time expires, asynchronous electric motors often fail and must be repaired or replaced. During maintenance, the asynchronous motor is often checked for compliance with technical characteristics during routine maintenance. Among the various parameters, torque is a value that must be carefully determined. Motor speed control requires coordination between systems such as measurement, motor, load and sensors. Therefore, it is extremely important to have a measuring device that reproduces the torque characteristics of an asynchronous motor under various loads, especially for urban railways.

Keywords: Urban railway network, electric motor, asynchronous motor, torque, torque sensor, microcontroller.

В настоящее время электронная техника все больше развивается и совершенствуется. Появление электронных устройств полупроводниково-диодных, транзисторных, тиристорных, GTO (Gate Turn Off) и микропроцессоров и микроконтроллеров широко подключено к электроприводам на транспортных средствах. В связи с большим развитием регуляторов трансмиссии асинхронные двигатели постепенно вытесняются двигателями постоянного тока в качестве тяговых двигателей для электропоездов[1]. Существует множество методов управления поездом для различных типов двигателей. Для трехфазных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором в результате нарушения функции управления:

Скалярное управление (U/F): изменение скорости двигателя путем изменения напряжения и частоты, подаваемых на двигатель [2].

Векторное управление (DTC, FOC): изменение скорости двигателя на основе отклонения заданного значения и расчетного значения от этапов расчета обратной связи по крутящему моменту и магнитному потоку [2].

Следовательно, чтобы управлять скоростью поезда, нам нужно контролировать скорость двигателя, а также управлять крутящим моментом электродвигателя. Для измерения и контроля крутящего момента электродвигателя обычно используется датчик крутящего момента.

Исходя из вышеизложенных требований, авторы предлагают структуру устройства для проверки крутящего момента электродвигателя по принципу, показанному на рисунке. Включая блок датчиков, сборщик данных DAQ и ЦПУ [2].



Структурно-функциональная схема устройства измерения крутящего момента

Блок датчиков состоит из 2-х измерительных головок: Датчика ZHКУ2050А и датчика положения/фазы, входные сигналы которых усиливаются для достижения выходных норм.

В предложенной выше конструкции тяговый двигатель будет подключен к нагрузке, которая представляет собой электромагнитный тормоз, через датчик крутящего момента. В качестве тягового двигателя используется двигатель КДБ, который всегда работает в диапазоне скоростей, превышающих номинальную скорость [3].

Электромагнитный тормоз действует как трамвайная нагрузка, которая передает момент сопротивления на конец вала двигателя. Значение крутящего момента сопротивления будет регулироваться цепью управления напряжением, подаваемой на электромагнитный тормоз. Для сбора, обработки, отображения, хранения и передачи данных о крутящем моменте ЦПУ использует микроконтроллер STM32-F4 [4]. STM32 - это контроллер нового поколения Corte M3 на базе ARM Core, разработанный ARM, коммерчески доступный STM32, с высокой скоростью обработки до 72 МГц и подходящий для функции измерения крутящего момента в сочетании с датчиком ZHКУ2050А.

На основе предложенной принципиальной схемы, выбранного оборудования, модели контроля крутящего момента электродвигателя

была дополнена нагрузкой, представляющей собой электромагнитный тормоз, выступающий в качестве нагрузки трамвая, и установлен тормозной момент на конце вала двигателя.

Для оценки работы устройства авторы испытали модель с однофазным асинхронным двигателем малой мощности под кодовым названием YL90L-2 фирмы DASU. Результаты тестов имеют те же значения, что и указанные на этикетке двигателя.

В данной работе представлено предложение по применению микроконтроллера и датчика ZHKY901 в модели контроля крутящего момента электродвигателя, обладающее высокой надежностью и проверенное при измерениях и испытаниях с тяговыми электродвигателями. Из полученных результатов можно сделать вывод, что для пользователей модель контроля крутящего момента электродвигателя проста в установке, использовании, ремонте и обслуживании.

Источники

1. Цветков А.Н., Доан Нгок Ши, Ярославский Д.А. Исследования по оптимизации векторного управления асинхронным двигателем с применением системы аналитического контроля // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2022. Т.24. № 3. С. 144-157.
2. E. Levi, R. Bojoi, F. Profumo, H. A. Toliyat, S. Williamson. Multiphase induction motor drives. A technology status review. IET Electric Power Applications. 2007. 1(4): 489– 516. doi: 10.1049/iet-epa:20060342.
3. D.R. Myers, A.P. Pisano, 2009. Torque measurements of an automotive halfshaft utilizing a MEMS resonant strain gauge. Transducers 2009 - 2009 International Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems Conference, pp. 1726-1729.
4. Son, Yung-Deug, Jun-Hyung Jung, and Jang-Mok Kim, Advanced Field eakening Control for Squirrel-Cage Induction Motor in Wide Range of DC-Link Voltage Conditions, Journal of Electrical Engineering and Technology 12 (2017), 665-673, <https://doi.org/10.5370/JEET.2017.12.2.665>.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАБОТЫ КОНТРОЛЛЕРА ЗАРЯДА АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ОТ СОЛНЕЧНОЙ ПАНЕЛИ

Л.Ш. Нуриев

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, профессор В.А. Уланов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

mandelshtam00.00@mail.ru

В статье рассмотрен алгоритм заряда аккумуляторных батарей от солнечной панели. Результаты исследования будут использованы для разработки принципиальной схемы контроллера заряда маломощной солнечной электростанции.

Ключевые слова: заряд, солнечная электростанция, контроллер, алгоритм.

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR THE OPERATION OF A BATTERY CHARGE CONTROLLER FROM A SOLAR PANEL

L.Sh. Nuriev

mandelshtam00.00@mail.ru

KSPEU, Kazan, Russia

The article describes an algorithm for charging batteries from a solar panel. The results of the study will be used to develop a schematic diagram of a charge controller of a low-power solar power plant.

Keywords: charge, solar power plant, controller, algorithm.

Сложная энергетическая и экологическая ситуация, сложившаяся в современном мире, в результате высокого уровня потребления электроэнергии, заставляет науку и промышленность искать интенсивные пути решения проблем создания альтернативных источников электроэнергии. Одним из перспективных направлений альтернативной энергетики является преобразование солнечной энергии в электрическую.

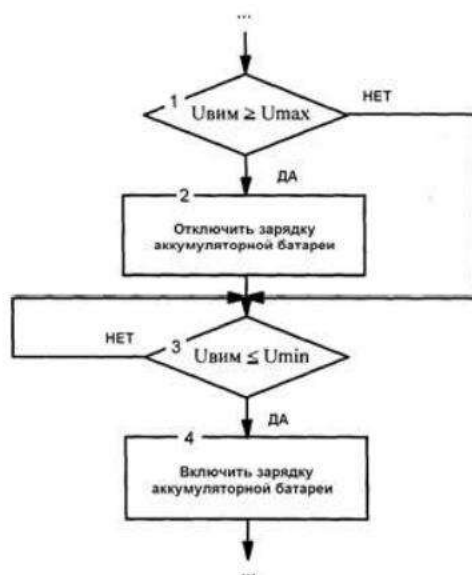
Основными элементами системы заряда от солнечной энергии являются солнечная панель и контроллер заряда. Солнечная панель – это источник энергии. Основной задачей контроллера заряда является получения максимально возможной мощности панели при изменении условий окружающей среды [1].

На рисунке показана подпрограмма проверки уровня заряда аккумуляторной батареи.

Для управления максимальной мощностью и процессом зарядки будет использоваться микроконтроллер, он будет главным элементом интеллектуальной системы.

Во время подключения аккумулятора к контроллеру заряда, пользователю будет необходимо ввести данные: минимальное и максимальное напряжение аккумулятора. Для того чтобы аккумулятор полностью не разрядился необходимо задать минимальный уровень напряжения, в противном случае минимальное напряжение будет приниматься как величина равная 90% от максимального напряжения аккумулятора. После данных действий будет проведена проверка состояния батареи [2].

Максимальная мощность будет определяться при помощи периодических коротких изменений положения рабочей точки. Рассчитывается мощность, полученная от фотоэлектрического модуля, и ее значение сравнивается с предыдущим значением. В случае если выходная мощность заряда контроллера увеличилась, то при следующем этапе положение рабочей точки также изменится в этом направлении.



Подпрограмма проверки уровня заряда аккумуляторной батареи

Уровень заряда аккумулятора контролируется одновременно с процессом определения максимальной точки. В случае превышения максимального допустимого значения, процесс зарядки будет прекращен. Если напряжение аккумулятора упадет до минимального значения, процесс зарядки возобновится [3].

Источники

1. Алферов Ж.И., Андреев В.М., Румянцев В.Д. Тенденции и перспективы развития солнечной фотоэнергетики // Физика и техника полупроводников. 2004. Т. 38. № 8. С. 937–948.

2. Солнечные батареи фотоэлектрических модулей [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.siriusone.net/index.php?action=page&page_id=49&lang=ru (дата обращения: 28.02.23).

3. Аккумуляторы и солнечные батареи [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://epizodsspace.narod.ru/bibl/oks/22.html> (дата обращения: 28.02.23).

УДК 621-313.3

УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ С ПОМОЩЬЮ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА STM32

А.А. Сатдинов

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доцент В.И. Кротов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

satdinov2015@yandex.ru

В статье предложено управление электродвигателем с помощью микроконтроллера *STM32*. Количество представленных особенностей микроконтроллера позволяет судить об эффективности реализации систем управления. Представленные варианты использования электродвигателя, управляемого с помощью контроллера, позволяют судить об эффективности такой связки.

Ключевые слова: микроконтроллер *STM32*, электродвигатель, библиотеки.

ELECTRIC MOTOR CONTROL USING THE STM32 MICROCONTROLLER

A.A. Satdinov

KSPEU, Kazan, Russia

satdinov2015@yandex.ru

The article proposes the control of an electric motor using an *STM32* microcontroller. The number of presented features of the microcontroller allows us to judge the effectiveness of the implementation of control systems. The presented options for using an electric motor controlled by a controller allows us to judge the effectiveness of such a bundle.

Keywords: *STM32* microcontroller, electric motor, libraries.

STMicroelectronics – мировой лидер по производству микроконтроллеров. Так же компания может похвастаться интересными наработками в области управления электродвигателями [1].

Из-за популярности таких двигателей как СДПМ (синхронный двигатель на постоянных магнитах) и АД (асинхронный двигатель) компания *STMicroelectronics* поработала над тем, чтобы их архитектура соответствовала современным системам управления двигателей. Высокую популярность данные двигатели получили благодаря своей конструктивной особенности – отсутствие щеточного узла. Благодаря этому, при работе всех необходимых защитных функций, работа двигателей будет практически безотказной [2].

К числу особенностей микроконтроллеров *STM32*, которые важны для реализации систем управления электродвигателем, относятся: высокоэффективная архитектура ЦПУ, многофункциональный таймер для генерации ШИМ-сигналов, шесть выходов, генерация паузы неперекрывания, генерация прямоугольных импульсов, возможность совместной работы с АЦП, 12-битный АЦП с двумя УВХ, таймеры для обработки сигналов датчиков скорости/положения.

На рисунке оранжевым цветом обозначены программные блоки, реализующие алгоритмы векторного управления. Зеленым цветом обозначены аппаратные блоки микроконтроллера *STM32*. Для удобства пользования компания дала бесплатные библиотеки векторного управления СДПМ/АД, причем с поддержкой различных способов определения положения ротора: без датчиков (по обратной ЭДС), с помощью датчиков Холла или энкодера. У асинхронного двигателя оценивание будет ограничиваться лишь частотой вращения с помощью тахометра [3].



Функциональная схема устройства векторного управления электродвигателем на основе МК *STM32*

Благодаря бесплатной библиотеке векторного управления СДПМ/АД, микроконтроллеры STM32 позволяют реализовать качественные и надежные регулируемые электроприводы для множества нужд, а именно: банкоматы, торговое оборудование, офисное оборудование, различная бытовая техника, промышленное оборудование и др.

Источники

1. Основы микропроцессорной техники: Лабораторный практикум по дисциплинам «Информационная электроника», «Основы микропроцессорной техники», «Микропроцессоры в светотехнике», «Отладочные средства микропроцессорных устройств». Сост.: Л.В. Ахметвалеева. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2015. 86 с.
2. Motor control with STM32 32-bit ARM®-based MCU. Brochure, STMicroelectronics, 2007. 8 p.
3. STM32-Primer. User Manual, Raisonance, 2007. 21 p.

УДК 621.382

ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОСХЕМ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ХОЛОСТОГО ХОДА ДВС

А.Э. Сафуанов

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.М. Синицын

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

alvin.s@yandex.ru

В статье рассмотрена система управления холостым ходом в автомобиле, описано устройство регулятора холостого хода и принцип его работы, а также показано применение драйверов в системе питания авто.

Ключевые слова: PXX, драйвер, обороты, ДВС, датчик.

USING MICROCIRCUITS FOR REGULATING THE IDLING OF THE INTERNAL COMBUSTION ENGINE

A.E. Safuanov

KSPEU, Kazan, Russia

alvin.s@yandex.ru

The article considers the idling control system in the car, describes the device of the idling controller and the principle of its operation, and also shows the use of drivers in the power system of the car.

Keywords: IC, driver, RPM, internal combustion engine, sensor.

Регулятор холостого хода (РХХ) стабилизирует обороты при прогреве мотора и при остановках, что позволяет двигателю не заглохнуть. Используется РХХ в электронных системах зажигания. Пропорции и количество топливовоздушной смеси отмеряет ЭБУ на основании датчиков ДПКВ (датчик положения коленвала), ДПДЗ (датчик положения дроссельной заслонки), ДМРВ (датчик массового расхода воздуха), ДД (датчик детонации), импульсы которых дают представление контроллеру о работе двигателя в данный момент, соответственно, регулируется работа бензонасоса и системы зажигания [1].

При отсутствии нажатия на педаль акселератора топливная заслонка закрыта полностью, после чего сигнал от ДМРВ дает контроллеру отчет о текущем состоянии и необходимости подачи воздуха, после чего в РХХ открывается обводной канал [2]. Следовательно, ЭБУ выравнивает обороты двигателя на определенном уровне, чтобы не приходилось глушить мотор каждый раз, когда отпускаешь педаль акселератора для исключения повреждения внутренних элементов.

ЭБУ автоматически калибрует шаговый электродвигатель РХХ. Сам по себе данный элемент (рис. 1) представляет собой электрический клапан с конусной иглой в отверстии обводного канала дроссельной заслонки, работающий от сигналов контроллера, соответственно он является не датчиком, а механизмом. ЭБУ регулирует открытие электроклапана при помощи датчиков ДМРВ и ДПДЗ, сравнивая их сигналы и открывая канал, если видит, что в топливной смеси недостаточно воздуха. Игла РХХ выходит из канала пропорционально поданному напряжению на шаговый двигатель, и необходимая масса воздуха поступает в коллектор [3].

Клапан в основном крепится к дросселю на двух винтах. На двигателях с электронной дроссельной заслонкой РХХ не нужен, ЭБУ сам приоткрывает заслонку на несколько градусов [4]. РХХ способен компенсировать нагрузку при холостом ходе со стороны генератора и вентилятора.

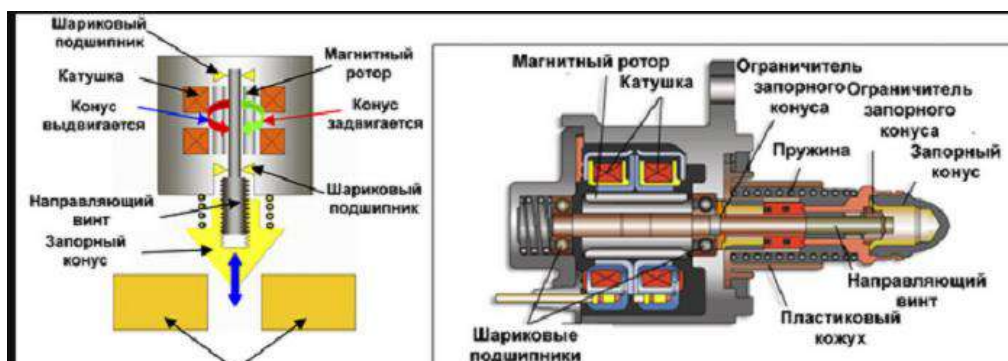


Рис. 1. Устройство и работа РХХ

Регулятор холостого хода, а именно шаговый электродвигатель в его составе, управляется при помощи сигналов от специальной микросхемы – драйвера, находящейся в электронном блоке управления двигателем. На данной схеме (рис. 2) это драйвер *TLE4792G* – один из самых распространенных. Он позволяет согласовать управляющие сигналы микроконтроллера и силовую часть управления двигателем, управляющие выходы выведены в специальную колодку.

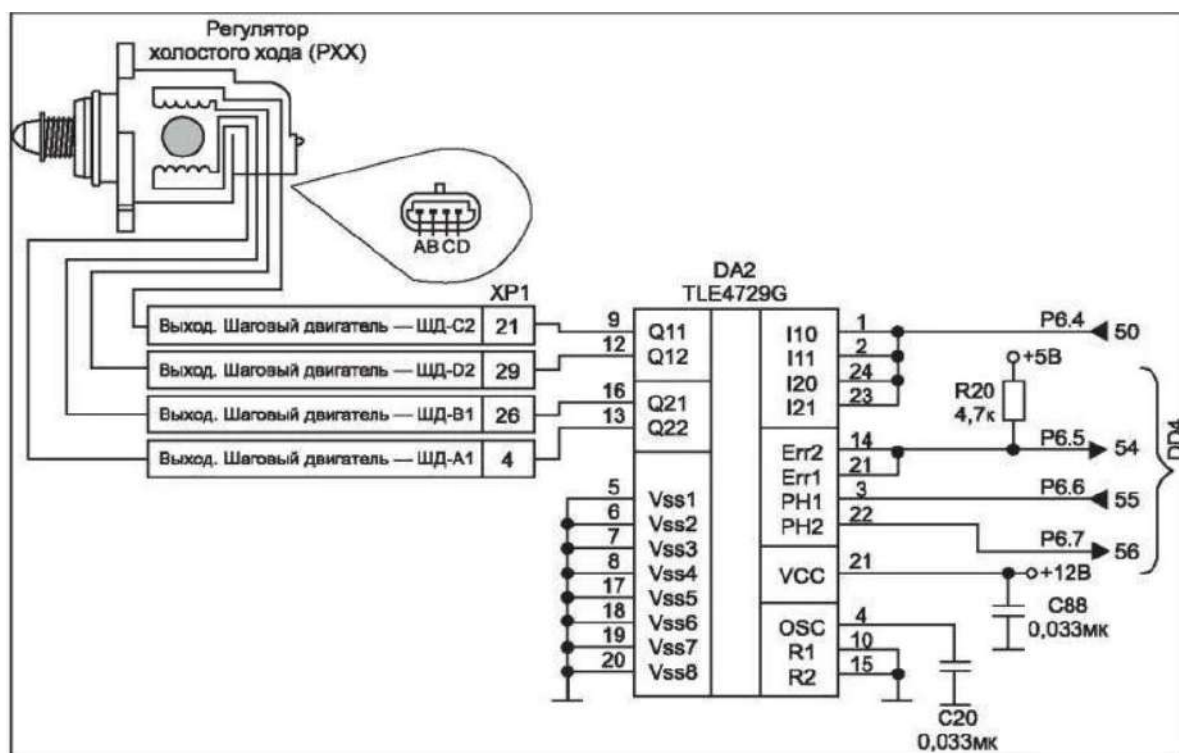


Рис. 2. Управление РХХ

Драйвер снабжен специальными механизмами защиты как его самого, так и электродвигателя от недопустимого повышения напряжения питания. Данная микросхема также не допускает распространения короткого замыкания обмоток электродвигателя при аварийной ситуации на микроконтроллер (выполняет функцию защиты).

Таким образом, применение компонентов электронной техники позволяет регулировать работу мощного двигателя путем управления клапанами с помощью импульсов, что позволяет автоматизировать многие процессы.

Источники

1. Принцип действия регулятора холостого хода [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://seite1.ru/zapchasti/datchik-holostogo-hoda.html> (дата обращения: 20.02.23).
2. РХХ в автомобиле [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://news.myseldon.com/ru/news/index/218876979> (дата обращения: 20.02.23).
3. Подключение РХХ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://shamrin.ru/pri-otklyuchenii-datchika-holostogo-hoda> (дата обращения: 20.02.23).
4. Замена РХХ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://dzen.ru/a/XWPDl5yURgCsXAVh> (дата обращения: 20.02.23).

УДК 621.382

ПОСТРОЕНИЕ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ИСТОЧНИКА ВТОРИЧНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Д.А. Сихряев

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, профессор Р.И. Калимуллин

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

sihraev@mail.ru

В статье рассмотрены способы построения многопараметрического источника вторичного электропитания. Рассмотрены преимущества и недостатки одноктактных и двухтактных преобразователей.

Ключевые слова: источник питания, прямоходовой преобразователь, обратногоходовой преобразователь, двухтактный преобразователь.

CONSTRUCTION OF A MULTIPARAMETRIC SECONDARY POWER SUPPLY SOURCE

D.A. Sikhryaev

KSPEU, Kazan, Russia

sihraev@mail.ru

The article discusses the methods of constructing a multiparametric secondary power supply source. The advantages and disadvantages of single-stroke and two-stroke converters are considered.

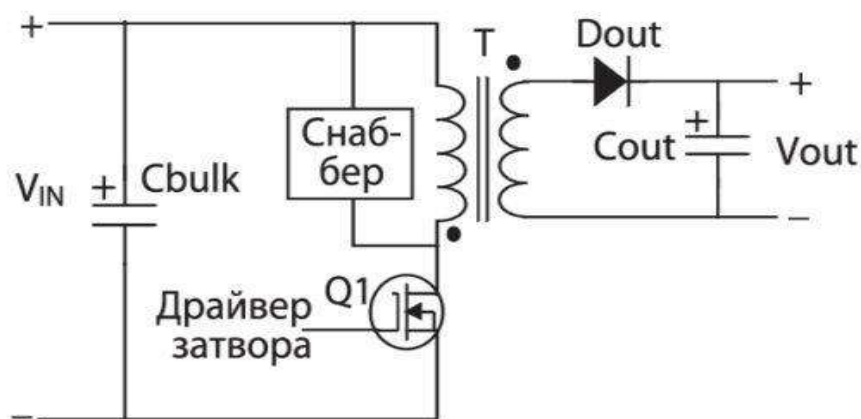
Keywords: power supply, forward converter, reverse converter, push-pull converter.

Современные электронные устройства в большинстве своем содержат аналоговые (исполнительные) и цифровые (управляющие) элементы. Соответственно, для их работы требуются источники питания, имеющие сразу несколько каналов с различными номиналами выходных напряжений, отличающихся также и мощностью. Целесообразнее строить такие источники питания на основе импульсных преобразователей, имеющих в выходных цепях импульсный трансформатор (или многообмоточный дроссель) с несколькими выходными обмотками с разным числом витков, обеспечивающих разные уровни выходного напряжения [1]. Различают однотактные и двухтактные преобразователи.

Однотактный прямоходовый преобразователь является классическим однотактным преобразователем и используется в составе маломощных источников питания. Преимуществами данной схемы являются [2] простота, небольшое количество элементов, меньшие размеры трансформатора относительно другого вида преобразователя, не требуется применение воздушного зазора, отсутствует угроза насыщения магнитопровода трансформатора, наибольшая эффективность при низких входных напряжениях, минимальные пульсации напряжения в нагрузке и электромагнитных помех. Недостатками данной схемы являются невозможность работы в режиме короткого замыкания и как следствие меньшая надежность, не подходит для работы на емкостную нагрузку, повышенные требования к максимальному напряжению силового транзистора (не меньше двойного напряжения источника питания), требуется дополнительная обмотка для размагничивания магнитопровода трансформатора, наибольшая стоимость и количество элементов в сравнении с обратным преобразователем при равной мощности.

Прямоходовый преобразователь обычно используется в роли сетевого источника питания 30-50 Вт. Верхний предел примерно 200-250 Вт.

Обратным преобразователем часто встречается при мощности до 1 кВт. Одно из его достоинств – очень простая схема, которая показана на рисунке.



Базовая топология обратноходового преобразователя

Преимущества обратноходовых преобразователей [2]: отсутствие размагничивающей обмотки (магнитопровод трансформатора размагничивается во время «обратного хода», т.е. когда транзистор закрывается) и как следствие меньшие габариты, вес и стоимость, нечувствительность обратноходового преобразователя к короткому замыканию нагрузки, возможность регулирования выходного напряжения в широких пределах. В связи с тем, что в обратноходовом преобразователе трансформатор подключен к первичной сети и к нагрузке в различные моменты времени, передача помех из сети в нагрузку и назад исключена, что тоже является достоинством обратноходового преобразователя.

Недостатки обратноходовых преобразователей: мощность ограничена энергией, запасаемой трансформатором (на практике – не более 200 Вт), невозможность работы на холостом ходу (то есть без подключенной нагрузки). Индуктивность рассеяния первичной обмотки должна принимать наименьшие значения по величине. Когда транзистор открыт, в данной индуктивности будет накапливаться энергия, не передаваемая во вторичную обмотку, а при закрытии ключа появляются всплески перенапряжения, из-за которого приходится выбирать ключ с повышенным максимально допустимым напряжением и использовать снабберные цепочки [3], уменьшающие энергоэффективность преобразователя. Еще одним важным недостатком обратноходового преобразователя является существенно большее пиковое значение тока к среднему, в отличие от других топологий, таким образом, следует выбирать силовой ключ, у которого величина максимально допустимого тока больше, чем у других, что повышает стоимость данного ключа.

При мощностях в сотни ватт – сотни киловатт применяют двухтактные преобразователи [4]. Среди преимуществ двухтактных мостовых и полумостовых преобразователей можно назвать ограничение максимального напряжения на транзисторах, которое не превышает напряжение питания (можно использовать ключевые транзисторы с максимальным напряжением примерно в два раза меньшим, чем для обратноходового и прямоходового преобразователя), высокий КПД.

Источники

1. Москатов Е.А. Силовая электроника. Теория и конструирование. Киев: МК-Пресс, Санкт-Петербург: Корона-Век, 2013. 256 с.
2. Мелешин В.И. Транзисторная преобразовательная техника. Москва: Техносфера, 2006. 632 с.
3. Колпаков А., Ламп Й. Проблемы проектирования IGBT-инверторов: перенапряжения и снабберы // Компоненты и технологии. 2008. № 5(82). С. 98–103.
4. Bushuev V.M., Deminsky V.A., Zakharov L.F., etc. Power supply of telecommunication devices and systems: A textbook for universities. London, 2010. 432 p.

УДК: 621.38; 621.383; 621.38(075)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ РАБОТЫ И ПРИМЕНЕНИЕ ПРИЕМНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ

Тиам Шейх Тидиан

Науч. рук. д-р. физ.-мат. наук, профессор А.В. Голенищев-Кутузов
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
thiamct94@gmail.com

В статье рассматривается исследование принципов работы и применения приемников излучения.

Ключевые слова: исследование, приемник, излучение, лазер, фотоприёмник.

STUDY OF THE PRINCIPLES OF OPERATION AND APPLICATION OF RADIATION RECEIVERS

Thiam Sheikh Tidian

KSPEU, Kazan, Russia
thiamct94@gmail.com

The article discusses the study of the principles of operation and application of radiation receivers.

Keywords: research, receiver, radiation, laser, photodetector.

В настоящее время принято фотоприемные системы делить на три поколения. В основу деления фотоприёмных систем по поколениям положено разнообразие полупроводниковых материалов и число элементов в используемом приёмнике излучения, поскольку приёмник излучения является основным функциональным узлом любой системы. Но различия не сводятся только к материалам и числу элементов в приёмнике излучения.

К первому поколению принято относить системы, построенные на основе одноплощадочных приёмников излучения или многоэлементных (мозаичных), но с использованием методов традиционной технологии. К этим системам относятся созданные фотоприёмные системы общего применения для регистрации оптических и тепловых полей различных медицинских и промышленных объектов, для неразрушающего контроля материалов и изделий и т.п.

Системы второго поколения отличаются от систем первого поколения рядом особенностей. Во-первых, это более высокая рабочая температура приёмников излучения. Часто целесообразно повышать рабочую температуру даже за счёт некоторого ухудшения пороговых характеристик чувствительных элементов. Другой особенностью систем второго поколения является построение этих систем по модульному принципу с применением узла сканирования изображения и высокого уровня автоматизации [1].

В системах третьего поколения узел, осуществляющий перемещение изображения по поверхности многоэлементного приёмника излучения, отсутствует. В этих системах число элементов в фотоприёмнике настолько велико, что фотоприёмник перекрывает всё поле обзора. Отсутствие оптико-механического узла сканирования изображения упрощает приёмную систему, уменьшает массу и габариты, повышает надёжность, снижает потребляемую мощность источников электропитания. Системы третьего поколения имеют преимущество перед сканирующими системами и по пороговой чувствительности, поскольку в них осуществляется накопление информации в приёмнике излучения за время, близкое к времени длительности кадра. В сканирующих системах накопление информации идёт лишь за время, приходящееся на один элемент разложения. Однако главным отличием от мозаичных систем является наличие мультиплексора, коммутирующего сигналы с выходов каналов на общий выход [2].

В настоящее время, по-прежнему, находят широкое применение также одноканальные и мозаичные приёмники излучения. Наиболее важными и распространёнными такими применениями являются:

- регистрация постоянных или модулированных на низких частотах оптических сигналов в различных частотных диапазонах от УФ до ИК областей спектра;

- приём импульсного лазерного излучения. Такие приёмники являются необходимым элементом в системах волоконно-оптической связи, а также в лазерных дальномерах, устройствах лазерного обнаружения и наведения на цель [3].

В подобных устройствах, получивших также название «лазерные фотоприёмные устройства», используется тандем лазер-фотоприёмник, работающие на одной длине волны. Матричные фотоприёмные устройства, состоящие из многоэлементного фотоприёмника и электронного тракта, обрабатывающего сигналы изображения, в свою очередь, нашли широкое применение в смотрящих оптико-электронных системах обнаружения и изучения объектов, и, в частности, по их тепловому излучению. Их особенностью является быстроедействие, определяемое работоспособностью до частот в несколько сотен ГГц. Таким образом, основное внимание будет обращено на фотоприёмные устройства лазерного типа и тепловизионные устройства [4].

Последние два десятилетия характеризуются использованием в фотоприёмниках квантово-размерных структур в виде квантовых ям и точек, что будет отражено при описании современных фотоэлектронных устройств. Основной режим работы, который используется в ИК приборах третьего поколения, получил название «смотрящий» (staring).

Требования к основным параметрам матрицы приёмника излучения [5]:

1. Выбор спектрального рабочего диапазона.
2. Рабочая температура фотонного охлаждаемого приёмника излучения (от температуры зависит величина темнового тока).
3. Величина квантовой эффективности, если она невысока, то этот приёмник не может обеспечить большую частоту кадров, большое время накопления зарядов.
4. Величина пространственного разрешения (уменьшение размера чувствительных элементов и расстояния между ними).
5. Повышение однородности и чувствительности отдельных элементов.

Источники

1. Голенищев-Кутузов В.А., Голенищев-Кутузов А.В., Несмелова И.М. Перспективные материалы и приемники излучения фотоэлектроники и фотоэнергетики. Казань: КГЭУ, 2013. 171 с.
2. Агафонов А.Н. Приемники излучения видимого, инфракрасного и терагерцового диапазонов: электронное учеб. пособие. Самара, 2013. 50 с.
3. Кузнецов Д.В., Сидоров А.В., Оптоэлектроника: учебно-методическое пособие для подготовки к лабораторным и практическим занятиям. Елец: Елецкий государственный университет им. И. А. Бунина, 2020. 91 с.
4. Заякин А. А. Источники и приемники излучения: конспект лекций. Владим. гос. ун-т. Владимир: Ред.-издат. комплекс ВлГУ, 2005. 36 с.
5. Сергеев В.А., Фролов И.В., Радаев О.А. Диагностика полупроводниковых источников излучения: Учеб. пособие. Ульяновск: УлГТУ, 2022. 95 с.

УДК 536.58

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В ПОМЕЩЕНИИ

Н.Р. Хазигалеев

Науч. рук. канд. ф.-м. наук, доцент В.И. Кротов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

niyaz0299@mail.ru

В данной статье рассмотрены современные способы регулирования температуры в помещении, их преимущества и недостатки. Данное исследование в последующем будет использовано для разработки микропроцессорного устройства управления термостатом.

Ключевые слова: системы управления, терморегулирование, термостаты, интеллектуальные устройства.

MODERN METHODS OF TEMPERATURE CONTROL IN THE ROOM

N.R. Hazigaleev

KSPEU, Kazan, Russia

niyaz0299@mail.ru

This article discusses modern methods of regulating indoor temperature, their advantages and disadvantages. This research will later be used to develop a microprocessor-based thermostat control device.

Keywords: control systems, temperature control, thermostats, intelligent devices.

Абсолютное большинство людей стремятся создать комфортные условия проживания. Одним из главных критериев комфорта дома являются температура и чистота воздуха. Достижение данных критериев невозможно без специальных систем управления микроклиматом.

Изучив литературу по системам управления микроклиматом, я пришел к выводу, что их можно разделить на три вида: традиционные, а также автоматические и автоматизированные. Разберем каждый вид более подробно [1].

Основными элементами традиционной системы управления являются датчики температуры и механические преобразователи.

Механический терморегулятор работает по принципу, при котором, при изменении температуры происходит расширение газов, также механический терморегулятор может быть биметаллической пластиной, изменяющей свою форму от нагревания или охлаждения [2].

Главное преимущество данных систем – низкая стоимость и простота конструкции, также данные системы легки в ремонте. К недостаткам можно отнести большую погрешность поддержания нужных параметров, из-за этого данные системы нуждаются в постоянном контроле и больших объемах энергии. Используются чаще других из-за простоты их реализации.

Автоматизированные системы управления строятся при использовании микроконтроллеров *Pixel*, *Siemens Logo*. Отличие данной системы в том, что она использует «программируемый выключатель» вместо обычного механического реле. Это позволяет добиться большей точности заданных параметров, заданных в соответствии с алгоритмом. Данный терморегулятор состоит из датчика температуры, сигнализирующем об изменении температуры, а также из основного блока.

Достоинствами являются относительно низкая стоимость, точное поддержание параметров в определенных пределах. Недостатками можно назвать некорректную работу при незадаанных алгоритмом режимах, а также необходимость изменения данных алгоритмов при появлении новых элементов в системе [3].

Автоматической системой управления называют комплекс механизмов, которые используются для управления объектом без участия человека. Современные автоматические системы управления создают при помощи методов искусственного интеллекта. При этом выделяются только входные и выходные параметры управления, физические принципы управления в явном виде не присутствуют. Преимуществами можно назвать простоту в проектировании данных устройств, однако затраты на

создание таких систем будут на порядок выше, чем у других видов систем управления [4].

На основании данного исследования были изучены современные методы регулирования температуры и выделены их преимущества и недостатки. В дальнейшем данное исследование позволит иметь развернутое представление о современных методах регулирования температуры.

Источники

1. Благов А.Е., Маханько А.А. Микропроцессорные устройства систем управления: учебное пособие. Казань: Изд-во КНИТУ-КАИ, 2013. С. 6-10.

2. Dae-Man, H., Jae-Hyun, L. Design and implementation of smart home energy management systems based on Zigbee // IEEE Trans. Consum. Electron. 2010. Vol. 56, No. 3. PP. 1417–1425.

3. Обзор интеллектуальных термостатов для управления микроклиматом помещений [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://hdl.handle.net/10995/87554> (дата обращения 21.02.2023).

4. Устройство и принцип работы терморегулятора [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.tproekt.com/ustrojstvo-i-princip-raboty-termoregulatora/> (дата обращения 21.02.2023).

УДК 004.3

СОЗДАНИЕ ИННОВАЦИОННОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ГОЛОЛЁДООБРАЗОВАНИЯ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

И.Н. Хамидуллин¹, С.Ю. Маслов²

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Д.А. Иванов

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹ildar.ildar-xam2017@yandex.ru, ²saveli2000@gmail.com

При эксплуатации воздушных линий электропередачи в ряде регионов возникает серьезная проблема обледенения проводов в осенне-зимний период. По этой причине на базе ФГБОУ ВО «КГЭУ» был разработан инновационный метод оценки состояния ВЛЭП.

Ключевые слова: 3D-технологии, опоры, изоляторы, мониторинг состояния линий, датчик состояния ВЛ, ВЛЭП.

CREATING AN INNOVATIVE DEVICE FOR MONITORING SYSTEM ICE FORMATION ON AIR LINES POWER TRANSMISSIONS

I.N. Khamidullin¹, S.Yu. Maslov²

^{1,2} KSPEU, Kazan, Russia

¹ildar.ildar-xam2017@yandex.ru, ²saveli2000@gmail.com.

During the operation of overhead power transmission lines in a number of regions, there is a serious problem of icing of wires in the autumn-winter period. For this reason, an innovative method for assessing the condition of the overhead line was developed on the basis of the "KSPEU".

Keywords: 3D-technologies, supports, insulators, line condition monitoring, overhead line condition sensor, overhead line.

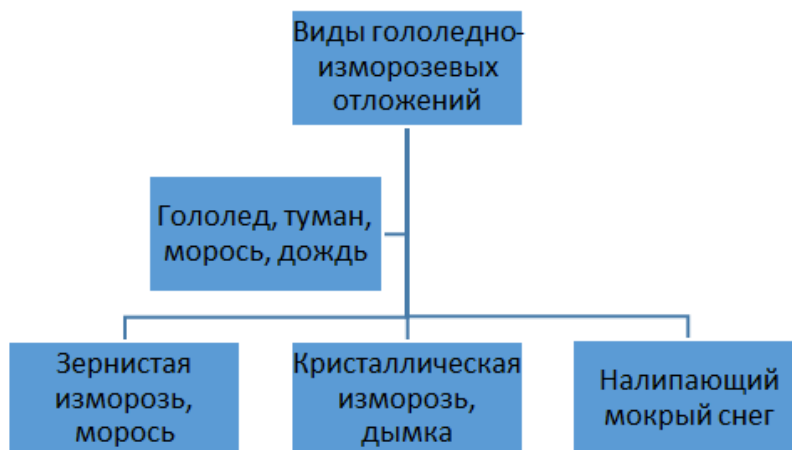
Для передачи электрической энергии на дальние расстояния – от вырабатывающей станции до конечного потребителя, – используют высоковольтные линии. Как правило со временем на них возникают различного рода проблемы, которые при отсутствии должного внимания, могут привести к авариям в электроэнергетических системах большой мощности. Основными причинами их появления являются образования ледяного осадка большой плотности, в результате дождей, тумана, гололеда, изморози при температуре от 0 до 5 °С. Наибольшую опасность несут отложения гололеда, изморози и мокрого снега [1].

Данная проблема прослеживается во многих странах мира, в том числе и в России. Как показывают статистические данные из-за отложения гололеда в энергосистемах происходят крупные аварии – от 6-8 в год.

Это связано с тем, что при гололёдообразовании, происходит увеличение массы провода, в результате увеличивается статистическая и динамическая нагрузка на провод, которая в лучшем случае приведет к провисанию провода, однако при неблагоприятных окружающих условиях может привести к более серьезным последствиям [2].

Наиболее критическими, зачастую приводящими к авариям на ВЛЭП, являются: разрывы токопроводящих элементов (проводов и грозозащитных тросов) в результате увеличения массы провода, из-за образования на его поверхности льда, их недопустимое сближение на достаточно близкое расстояние, их раскачивание, в некоторых случаях приводит к тому что изоляторы теряют свои защитные функции, однако

самым неблагоприятным является то, что опора, на которой находятся ВЛЭП, может быть разрушена (см. рисунок).



Условия образования гололёда на ВЛЭП

Как правило мониторинг состояния линии производят двумя способами:

- 1) непосредственный осмотр линии, при котором бригада вручную выявляет различные проблемы и исправляет их;
- 2) при помощи датчиков, способных осуществлять мониторинг состояния ВЛЭП [3].

На наш взгляд, представленные традиционные методы мониторинга состояний ВЛ нуждаются во внедрении новых технологий с целью усовершенствования мониторинга ВЛ [4].

В настоящее время на базе ФГБОУ ВО «КГЭУ» разрабатывается новый метод оценки состояния ВЛ, заключающийся в использовании лазера, который измеряет расстояние путем излучения света и замеряет времена возвращения этого отражённого света на приёмник («ЛИДАР»). С помощью лидара сканируется пролет линии ВЛ и на основе полученных данных строится трехмерная модель пролета. Используя полученные данные, мы получаем реальную картину состояния всего пролета – опоры, арматуры крепления изолятора, визуальное состояние целостности изолятора, внешнее состояние провода [5].

На сегодняшний день продолжают испытания, планируется дальнейшее развитие технологии и объединение ее с беспилотными летательными аппаратами.

Исследования выполнены в рамках программы стратегического академического лидерства «Приоритет2030»: соглашение №075-15-2021-1087 от 30.09.2021, соглашение №075-15-2021-1178 от 30.09.2021

Источники

1. Ярославский Д.А., Садыков М.Ф., Конов А.Б., Иванов Д.А., Горячев М.П., Ямбаева Т.Г. Методика мониторинга гололедных отложений на проводах ВЛ с учетом разрегулировки линейной арматуры // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19, № 5–6. С. 89–97.

2. Электроэнергетика и электроника: матер. Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения – 2020 «Энергетика и цифровая трансформация»». В 3 т. Т. 1. (Казань, 28–29 апреля 2020 г.) / под общ. ред. ректора КГЭУ Э.Ю. Абдуллазянова. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2020. 636 с.

3. Стороженко Д.Ю., Рыжков А.В. Совершенствование методики применения устройств диагностики контактной сети // Известия Транссиба. 2016. № 4(28). С. 37–46.

4. Большанин Г.А., Плотников М.П., Шевченко М.А. Экспериментальное определение параметров трёхпроводной ЛЭП // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2019. Т. 21, № 4. С. 85–94.

5. Ярославский Д.А., Садыков М.Ф. Разработка устройства для системы мониторинга и количественного контроля гололёдообразования на воздушных линиях электропередачи // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19, № 3–4. С. 69–79.

УДК 621.373.9

МАЛОГАБАРИТНЫЙ ГЕНЕРАТОР СИГНАЛОВ СТАНДАРТНЫХ ФОРМ

М.А. Шакирзянов

Науч. рук. д-р. физ.-мат. наук, профессор А.В. Голенищев-Кутузов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

maratlol2@mail.ru

Тема стала актуальной в связи с решением организовать лабораторный стенд для изучения сигналов, их генерации, изменений формы. Было решено создать цифровой

генератор сигналов стандартных форм, причем требовалось обеспечить возможность изменения характеристик генерируемых сигналов путем изменения программного кода. Вследствие этого была сформулирована следующая задача, заключающаяся в создании устройства генератора сигналов на микроконтроллере *Arduino Pro Mini*.

Ключевые слова: генератор сигналов, программирование, *Adruino*.

SMALL-SIZED SIGNAL GENERATOR OF STANDARD FORMS

M.A. Shakirzyanov
KSPEU, Kazan, Russia
maratlol2@mail.ru

The topic became relevant due to the decision to organize a laboratory stand for studying signals, their generation, and shape change. It was decided to create a digital signal generator of standard forms, and it was necessary to provide the possibility of changing the characteristics of the generated signals by changing the program code. As a result, the following task was formulated, which is to create a signal generator device on an *Arduino Pro Mini* microcontroller.

Keywords: signal generator, programming, *Arduino*.

Целью является разработка принципиальной схемы цифрового генератора периодических сигналов нескольких стандартных форм.

Задачи исследования:

- 1) рассмотреть принципы построения генераторов сигналов с цифровым кодированием;
- 2) выполнить спектральный анализ сигналов стандартных форм – синусоидальной, треугольной, пилообразной формы;
- 3) определить оптимальные частоты среза фильтра низких частот, при которых устраняется ступенчатость в очертаниях генерируемых сигналов;
- 4) построить функциональную схему разрабатываемого генератора;
- 5) разработать полную принципиальную схему генератора сигналов
- 6) написать программный код и отладить в среде *Arduino IDE*.

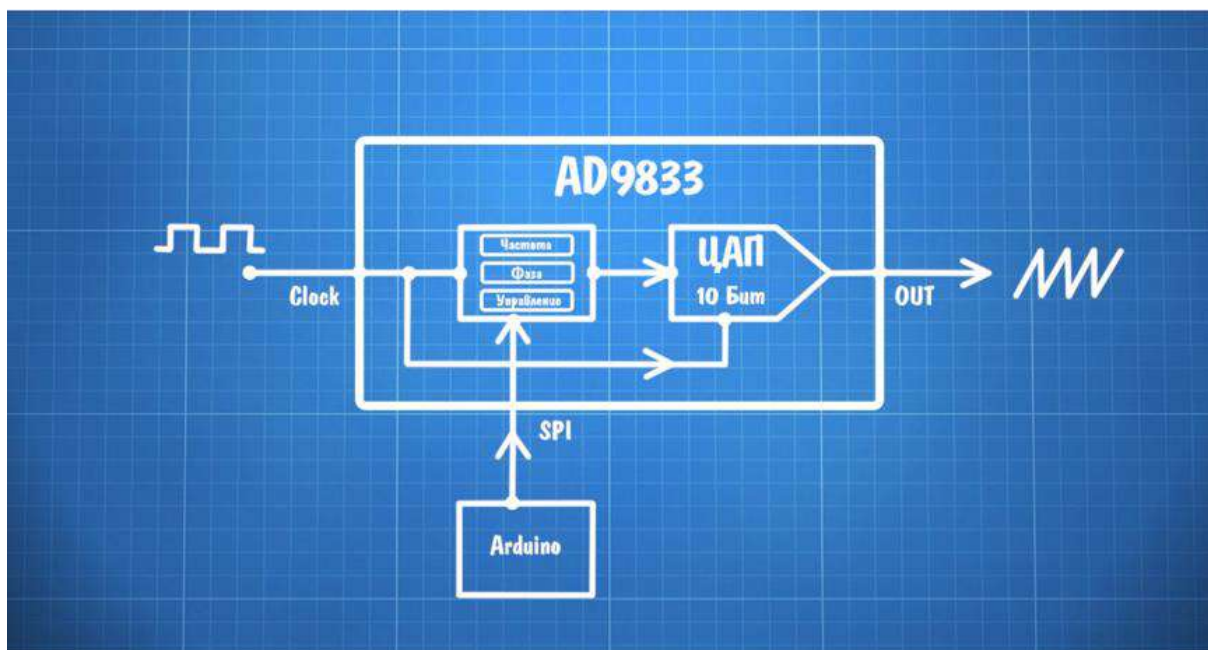
Объектом исследования является цифровой генератор сигналов.

Предметом исследования является получаемый выходной сигнал.

Структурная схема устройства малогабаритного генератора стандартных сигналов (см. рисунок) внутри оснащена быстрым десятибитным ЦАП и схемой управления. На вход подается

прямоугольный тактовый сигнал, а на выходе получается уже преобразованный с нужной частотой, формой и фазой.

Управление производится через внутренние регистры – это обычные ячейки памяти [1]. Регистры можно записывать, а уже по их содержимому микросхема поймет, что нужно выполнить, в качестве интерфейса выступает *SPI* [2].



Структурная схема устройства

Главной особенностью этой платформы является невысокая стоимость, удобство использования, редактирования кода, легкость программирования из-за относительно простого и понятного языка использования. Программирование происходит в среде *Arduino IDE* на языке *C++*, но с использованием более упрощенной версии языка программирования [3].

Источники

1. Сафонов Е.П., Фролов В.Я. Особенности переходных процессов в генераторных цепях мощных электротехнических комплексов // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2021. № 23(1). С. 105–118.
2. Блум Дж. Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства. Санкт-Петербург: БХВ-Петербург, 2020. 529 с.
3. Белов А.В. Программирование *ARDUINO*. Создаем практические устройства. Санкт-Петербург: Наука и Техника, 2018. 272 с.

УПРАВЛЕНИЕ РЕЛЕ В МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВАХ

И.И. Шакиров

Науч. рук. канд. пед. наук, доцент Л.В. Ахметвалеева

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

shakirov230402@gmail.com

С помощью микропроцессорных устройств осуществляется автоматизированное управление различными электронными процессами. Зачастую, стоит проблема управления мощным нагрузочным элементом с помощью микроконтроллера. Для того, чтобы избежать сгорания микроконтроллера, необходимо использовать реле.

Ключевые слова: микропроцессорные устройства, микроконтроллер, реле, ток.

RELAY CONTROL IN MICROPROCESSOR DEVICES

I.I. Shakirov

KSPEU, Kazan, Russia

shakirov230402@gmail.com

With the help of microprocessor devices, automated control of various electronic processes is carried out. Often, there is a problem of controlling a powerful load element using a microcontroller. In order to avoid burning the microcontroller, it is necessary to use a relay.

Keywords: microprocessor devices, microcontroller, relay, current.

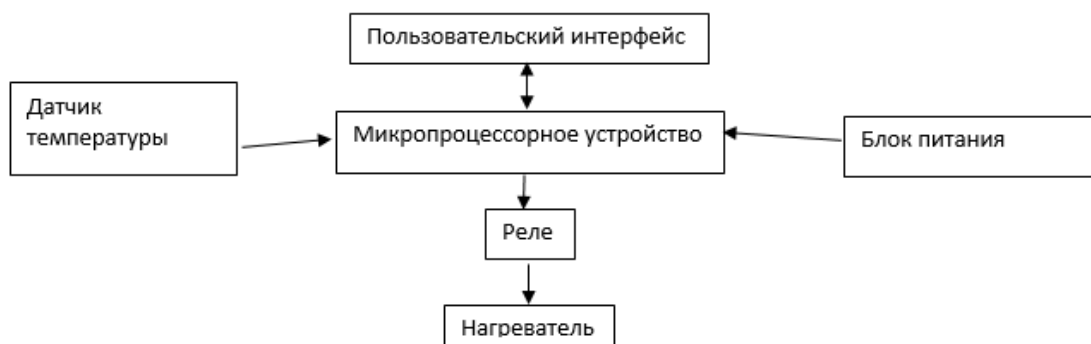
Микропроцессорные устройства позволяют автоматизировать управление любым электронным прибором даже в дистанционном формате, что делает применение таких устройств очень важным и востребованным в современном мире [1].

Осуществлять подключение мощной нагрузки напрямую к микроконтроллеру нельзя, поскольку это выведет его из строя. Для управления мощными электронными устройствами необходимо использовать реле.

Реле представляет собой коммутационный аппарат, способный при воздействии различных внешних влияний скачкообразно принять высокое значение выходного сигнала [2].

Прежде чем выполнить подключение реле к управляемому устройству и микроконтроллеру необходимо знать его характеристики, среди которых можно выделить основные: вид напряжения реле (переменное, постоянное, трехфазное), напряжение катушки, ток потребления катушки, номинальный ток контактов, время срабатывания, время отпускания.

Одной из важных целей при осуществлении какого-либо промышленного процесса является поддержание постоянной температуры окружающей среды. Для этого можно спроектировать автоматизированную систему климат-контроля. Структурная схема предлагаемого устройства приведена на рисунке.



Структурная схема микропроцессорного устройства

Пользовательский интерфейс предназначен для ввода постоянных данных в микроконтроллер. Микропроцессорное устройство (МПУ) запрашивает данные из датчика температуры и сравнивает их с заданным значением. Программирование микроконтроллера выстраивается таким образом, что когда температура на датчике будет ниже необходимого значения, то микроконтроллер подает сигнал на реле, тем самым осуществляет включение нагревателя, а если необходимая температура достигнута, сигнал на реле перестает поступать, и, соответственно, нагреватель отключается.

Помимо ввода данных, пользовательский интерфейс включает в себя компонент индикации, предназначенный для отображения действующей температуры и режима работы устройства.

Ключевой особенностью данного устройства является малогабаритный размер и возможность подключения нескольких реле одновременно, делая возможным управление несколькими мощными нагрузочными элементами [3, 4].

Помимо управления мощной нагрузкой микроконтроллер позволит повысить надежность автоматизации, а также отслеживание состояния системы в режиме реального времени.

Источники

1. Голенищев-Кутузов А.В., Голенищев-Кутузов В.А., Семенников А.В. и др. Дистанционная диагностика дефектов в высоковольтных изоляторах // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22, № 2. С. 117–127.

2. Белов А.В. Управление реле с мобильных устройств. СПб.: Наука и Техника, 2020. 496 с.

3. Ахметвалеева Л.В., Галимуллин Н.Р. Возможности режима широтно-импульсной модуляции в дистанционных системах управления. Информационные технологии в электротехнике и электроэнергетике: материалы 12-й Всерос. научн.-техн. конф. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2020. С. 489–491.

4. Internet of Things with ESP8266 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/publ/other/mprc_rel.htm (дата обращения: 1.03.2023).

УДК 621.3

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРА «GAIZE» ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ НАРКОТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

Э.Р. Шарифуллин

Науч. рук канд. техн. наук, доцент А.М. Сеницын

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

morgan.a1z@mail.ru

В данной работе представлена новая разработка – VR-гарнитура «Gaize». Она способна быстро и без особого приложения усилий определить употреблял ли пользователь гарнитуры наркотические средства. Такое устройство поможет избежать ряда проблем на дороге и производстве.

Ключевые слова: VR-гарнитура, глаза, наркотическое опьянение, датчики, беспроводная сеть.

THE USE OF AN ELECTRONIC DEVICE TO DETECT A NARCOTIC CONDITION

E.R. Sharifullin
KSPEU, Kazan, Russia
morgan.a1z@mail.ru

This paper presents a new development – the VR headset "Gaize". It is able to quickly and effortlessly determine whether the headset user has used narcotic drugs. Such a device will help to avoid a number of problems on the road and in production.

Keywords: VR-headset, eyes, drug intoxication, sensors, wireless network.

Существуют алкотестеры, которые быстро определяют состояние человека. Однако для точного определения наркотического опьянения требуется больше усилий и времени [1].

Для упрощения и ускорения данного процесса компанией «Gaize» была создана VR-гарнитура с одноимённым названием (см. рисунок). «Gaize» оснащена датчиками слежения за глазами, и эти датчики способны за короткий срок (примерно 6 минут) с высокой точностью (дисплей гарнитуры с максимальной частотой обновления экрана 90 кадров в секунду с точностью до тысячной миллиметра) [2] так определить по трудно видимым произвольным движениям глаза и расширению зрачков употреблял ли человек. Вместо внушительных по количеству тестов на выявление запрещённых веществ, сотрудник полиции сможет быстро и сразу на месте разобраться в ситуации [3].

Для организации работы гарнитуры пользователь скачивает на свой гаджет приложение, подключается к ней по беспроводной сети и проходит сам процесс. На дисплее появляется изображение мячика, за которым испытуемый должен вести свой взгляд с определённой скоростью и траекторией, в это время датчики отслеживают движения глаз и размер зрачка. Данные испытания передаются по беспроводной сети на сервера компании, затем после обработки на устройство пользователя приходит полный анализ [4].

Сами тесты на гарнитуре абсолютно бесплатны и неинвазивны, что делает гарнитуру крайне удобной для испытуемого. «Gaize» будет эффективна не только для использования правоохранительными органами, но будет полезна для внедрения на предприятия и в любые отрасли производства, где такой вид опьянения может иметь серьёзные

последствия не только для употребившего, но и для других людей и производства в целом [5].



Девайс «Gaize»

Источники

1. Адаменко М.В. Радиоэлектроника. Конструкции для всех. Книга 2. М.: Солон-Пресс. 2018. С. 144–148.
2. Gaize for Law Enforcement – the future of real – time impairment detection [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.gaize.ai> (дата обращения: 06.03.23).
3. Суслов К.В., Солонина Н.Н., Герасимов Д.О. Современные подходы к оценке качества электрической энергии // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19, № 7–8. С. 85–93.
4. Резник А.Д. Мир наркотиков – наркотики в мире. М.: КМК. 2014. С. 552–555.
5. Гельдибаев М.Х. Косарев С.Ю. Квалификация и расследование преступлений в сфере оборота наркотиков. СПб.: Изд-во «Юридический центр», 2016. С. 232–236.

ОБНАРУЖЕНИЕ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ «РЕНТГЕНОВСКОГО ЗРЕНИЯ» ГАРНИТУРЫ «X-AR»

Э.Р. Шарифуллин

Науч. рук канд. техн. наук, доцент А.М. Синицын

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

morgan.a1z@mail.ru

В данной работе повествуется о разработке Массачусетских учёных – гарнитуре «X-AR», с помощью которой работник сможет намного быстрее находить нужные товары в условиях производства. Вина тому – «рентгеновское зрение» установки, показывающее нахождение товара на дисплее, когда тот «спрятан» за препятствиями.

Ключевые слова: X-AR, гарнитура, рентгеновское зрение, радиочастотное зондирование, *RFID*-метки.

OBJECT DETECTION USING "X-RAY VISION" HEADSET "X-AR"

E.R. Sharifullin

KSPEU, Kazan, Russia

morgan.a1z@mail.ru

This paper tells about the development of Massachusetts scientists – the "X-AR" headset, with which an employee will be able to find the right goods much faster in production conditions. The fault of this is the "X-ray vision" of the installation, which shows the presence of the product on the display when it is "hidden" behind obstacles.

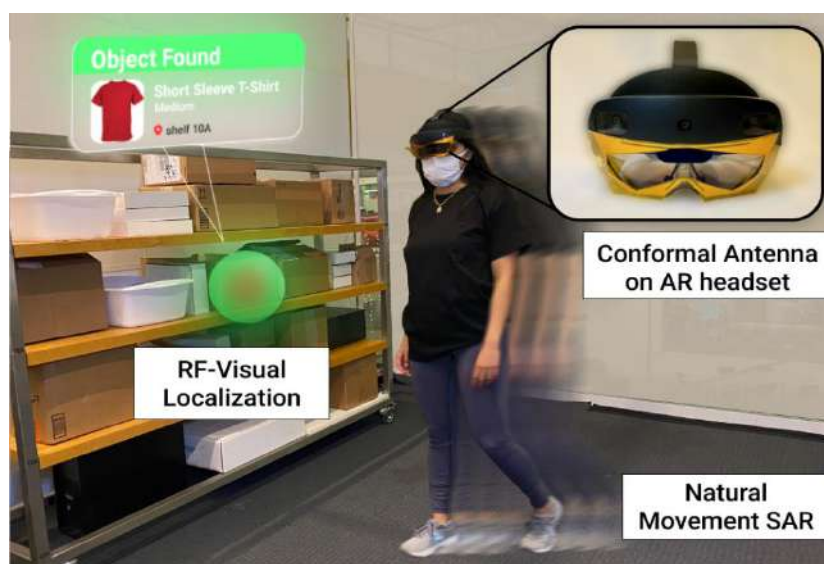
Keywords: X-AR, headset, X-ray vision, radio frequency sensing, *RFID*-tags.

Массачусетский институт часто радуется мир новыми технологиями. Одной из таких стала гарнитура дополненной реальности с «рентгеновским зрением». Это устройство совмещает в себе компьютерное зрение и беспроводное восприятие для определения местоположения предметов, которые будут не видны посторонним глазам. Такое устройство будет повышать эффективность в секторах Индустрии 4.0, включая производство, складирование и торговлю [1].

Рассмотрим условия реального производства – тёмный склад, забитый коробками и упаковками, за которыми ничего не видно.

Устройство поможет идентифицировать предметы сквозь эти преграды, сэкономив время и усилия работника [2].

Принцип работы основан на радиочастотном зондировании – антенна на устройстве улавливает радиосигналы *RFID*-метки и показывает примерное местоположение нужного предмета в пространстве, и при нахождении в пределах видимости таковых помечает их, показывая их местоположение и выводя на экран внешний вид предмета (см. рисунок) [3]. Рабочий диапазон такой установки 3-4 метра, что меньше, чем у стационарных считывателей радиоволн (10 метров), однако *X-AR* намного дольше держит заряд батареи, что в условиях рабочей смены не может не играть большой роли [4].



Демонстрация работы устройства

Разработчики устройства позаботились о работниках и построили систему, удовлетворяющую следующим требованиям:

1. совместимость – система беспрепятственно интегрируется с гарнитурой дополнительной реальности (не закрывая датчики, камеры и т.д.),
2. мобильность – работник постоянно в движении и устройство не заставляет его совершать неестественные движения или вовсе не совершать движение, снижая производительность,
3. простота – система представляет для пользователя задачи для успешного поиска и информирует о прогрессе выполнения задачи,
4. удобство – система имеет небольшой вес и небольшие габариты для комфортной работы [5].

Устройство оснащено системой самоотслеживания, поэтому хорошо ориентируется по своему местоположению в пространстве.

Также данная разработка обладает высокой точностью – погрешности по осям X, Y, Z – 2,1 см; 2,1 см; и 8,4 см соответственно.

Установка подверглась испытаниям, и результат показался компании весьма неплохим – 96% испытуемых нашли требуемую вещь с помощью гарнитуры.

Источники

1. Адаменко М.В. Радиоэлектроника. Конструкции для всех. Книга 2. М.: Солон-Пресс, 2018. 144 с.

2. Штыков В.В. Введение в радиоэлектронику. Учебник и практикум для СПО. М.: Юрайт, 2018. 228 с.

3. Суслов К.В., Солонина Н.Н., Герасимов Д.О. Современные подходы к оценке качества электрической энергии // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. Т. 19, № 7–8. С. 85–93.

4. Шелестов И.П., Семенов Б.Ю. Путеводитель в мир электроники. Книга 2. М.: Солон-Пресс, 2016. 352 с.

5. Кашкаров А.П. Все о радиотехническом монтаже и не только. М.: ДМК Пресс, 2016. 102 с.

УДК 621.3

СМАЗКА НА ОСНОВЕ ГИДРОГЕЛЯ ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОНИКИ

Э.Р. Шарифуллин

Науч. рук канд. техн. наук, доцент А.М. Синицын

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

morgan.a1z@mail.ru

В данной работе рассмотрен вид охлаждения электроники – гидрогелевый. Представлены эксперименты – сравнение гидрогелевого покрытия и твердого теплоотвода, при которых гидрогелевое покрытие показало себя в хорошем свете. Результат сравнительного анализа – гидрогель охлаждает в среднем лучше на 15-20 °С.

Ключевые слова: гидрогель, электроника, охлаждение, температура, нагрузка, энергия.

HYDROGEL-BASED LUBRICANT FOR COOLING ELECTRONICS

E.R. Sharifullin
KSPEU, Kazan, Russia
morgan.a1z@mail.ru

In this paper, the type of cooling of electronics is considered – hydrogel. The hydrogel coating on average lowers the temperature of the components by 15-20 °C, however, to achieve such results, maintaining high humidity in the room is required, since the hydrogel absorbs liquid from the outside for cooling.

Keywords: hydrogel, electronics, cooling, temperature, load, energy.

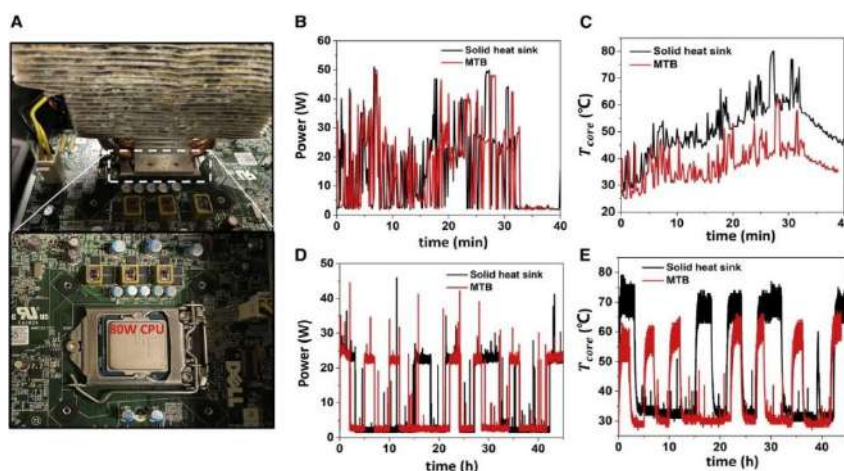
По оценкам, к 2030 году электроника будет потреблять около 20,9% мирового электричества, большая часть которого в конечном итоге будет выделяться в виде тепла. Одни только центры обработки данных ежегодно потребляют примерно $2,1 \times 10^{11}$ кВт·ч охлаждающей нагрузки и 1591 млрд галлонов воды. Таким образом, крайне важно разработать технологии пассивного охлаждения с минимальным потреблением внешней энергии и воды, чтобы улучшить глобальную взаимосвязь между водой и энергией [1].

Учёные калифорнийского университета опытным путём выяснили, что использование гидрогеля в качестве смазки для электроники весьма эффективно. Температура сильно влияет на работу любого электронного компонента, поддержание нужной температуры и охлаждение электроники – трудоёмкий и дорогой процесс [2].

Гидрогель в зависимости от ситуации будет поглощать или накапливать жидкость – в первом случае при большой нагрузке, во втором – при малой нагрузке. Такое решение идеально подойдёт для электроники, работающей циклично, например в 5G сетях, где 12 часов нагрузка высокая и 12 часов низкая [3].

Помимо этого, учёные попробовали охлаждать гидрогелем процессор и полевой транзистор. Процессор *Intel i5-4570* (см. рисунок «А») был взят для тестов и результат удивил – при комнатной температуре (испытание проводилось при $T = 22$ °C) и влажности помещения 70% температура без гидрогелевого покрытия при небольших нагрузках процессора (тестировался он в программе «3D Mark» в течение 30 минут, рисунки В, С) температура процессора менялась от 30 до 80 °C. Повышая нагрузки (использовалась программа численного моделирования) и

увеличивая время использования процессора температура менялась от 65 до 80 °C (рисунки D, E) [4].



Сравнение гидрогелевого покрытия и твёрдого теплоотвода

Теперь те же испытания, но уже с использованием гидрогелевого покрытия. Первый тест с небольшой нагрузкой – температура варьируется от 25 до 60 °C в пике. Второй тест – изменение температуры от 50 до 60 °C.

Вывод – в обоих испытаниях гидрогель показывал хорошее охлаждение – 15-20 °C, но для достижения таких результатов требуется поддержание повышенного уровня влажности [5].

Источники

1. Aslan Y., Puskely J., Janssen J.H.J. Thermal-aware synthesis of 5G base station antenna arrays: an overview and a sparsity-based approach // IEEE Access. 2018. № 6. PP. 58868–58882.
2. Puskely J., Roederer A., Yarovoy A. Multiple beam synthesis of passively cooled 5G planar arrays using convex optimization // IEEE Trans. Antennas Propag. 2020. Vol. 68. PP. 3557–3566.
3. Генбач А.А., Бондарцев Д.Ю. Моделирование термических напряжений, разрушающих пористые покрытия теплообменных поверхностей энергоустановок // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2019. Т. 21, № 3. С. 117–125.
4. Andresen M., Liserre M. Impact of active thermal management on power electronics design // Microelectron. Reliab. 2014. Vol. 54. PP. 1935–1939.

5. Wang X., Zhou Z., Xiao F., Xing K., Yang Z., Liu Y., Peng C. Spatio-temporal analysis and prediction of cellular traffic in metropolis // IEEE Trans. Mob. Comput. 2019. Vol. 18. PP. 2190–2202.

УДК 621.382

ЗАЩИТНЫЕ ЦЕПИ ДЛЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ КЛЮЧЕЙ

С.Д. Шкурпит

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук Р.И. Калимуллин

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

shkurpitsd@mail.ru

В статье рассмотрены различные варианты защиты транзисторного ключа от перегрузок, а также приведены результаты моделирования *RCD*-цепи с примером расчета.

Ключевые слова: перегрузка, диод, *RCD*-цепь, снаббер.

PROTECTIVE CIRCUITS FOR SEMICONDUCTOR SWITCHES

S.D. Shkurpit

KSPEU, Kazan, Russia

shkurpitsd@mail.ru

The article discusses various options for protecting the transistor key from overloads, and also presents the results of modeling the *RCD* circuit with an example of calculation.

Keywords: overload, diode, *RCD* circuit, snubber.

Полупроводниковые ключи в реальных силовых схемах работают обычно на *RL*-нагрузку. В момент запираания транзистора из-за эффекта самоиндукции на нем возникает скачок напряжения, значительно превышающий напряжение источника питания. Поэтому в таких схемах обязательно применяются цепи защиты. Наиболее распространенным способом защиты от перенапряжения является обратный диод, через который протекает ток индуктивной нагрузки после запираания транзистора (рис. 1, *а*). Но из-за резкого возрастания напряжения на транзисторе при выключении в нем выделяется повышенная мощность.

Более энергоэффективным устройством является *RCD*-цепь, называемая снаббером (*Snubber*) (рис. 1, *б*). Работа его основана на том,

что энергия, накопленная ранее в индуктивности, после закрывания транзистора проходит через диод D в конденсатор снаббера [1]. Когда транзистор снова открывается, емкость разряжается через шунтирующий резистор для минимизации тока разряда, который в противном случае (в отсутствие резистора) может быть чрезмерным для транзистора [2].

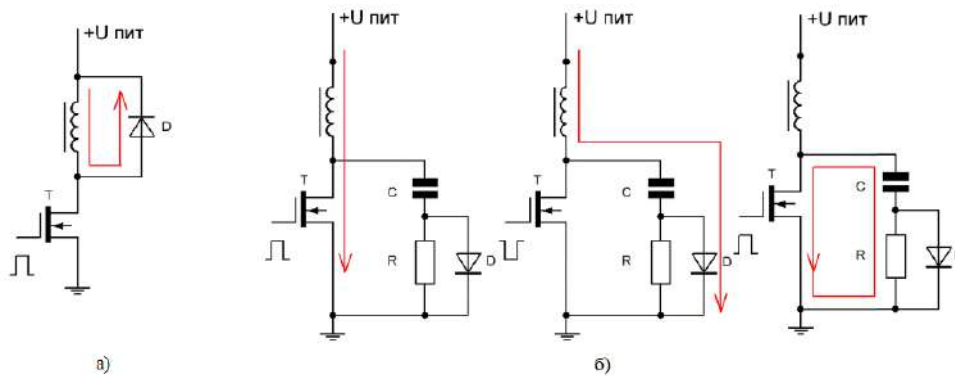


Рис. 1. Защита транзистора от перенапряжения с помощью обратного диода (а) и с помощью RCD -цепи (б)

Требуется подобрать такие значения емкости и сопротивления RCD -цепи, которые обеспечат оптимальную защиту полупроводникового прибора. Так, рост значений R и C приводит к снижению амплитуды всплеска напряжения, но в то же время затягивает время переходного процесса, а значит, снижает предельную частоту коммутации [3].

Нами был проведен предварительный расчет параметров RCD -цепи и затем выполнено моделирование схемы с целью уточнения и оптимизации полученных значений. На рисунке 2 приведены временные диаграммы напряжения на транзисторе для значений емкости в диапазоне от 10 до 35 мкФ с шагом в 5 мкФ, полученные в программе *Micro-Cap 12*.

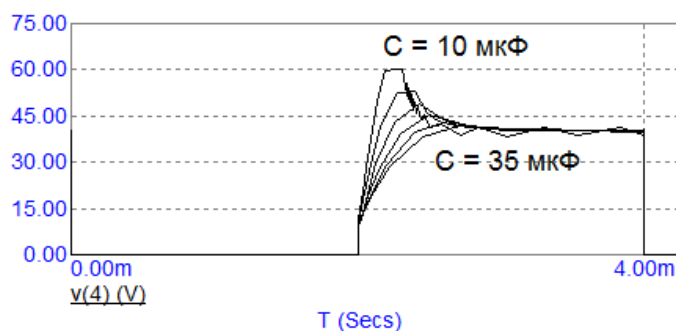


Рис. 2. Временные диаграммы напряжения на транзисторе для различных значений емкости RCD -цепи

Как видно из диаграмм, рост C приводит к уменьшению всплеска напряжения на транзисторе за счет снижения скорости его нарастания. В то же время, помимо упомянутого выше затягивания процесса коммутации, рост C также влечет рост тока разряда при открывании транзистора, поскольку он определяется как

$$i_C = C \frac{du_C}{dt}, \quad (1)$$

а, следовательно, будет также расти и мощность, рассеиваемая в транзисторе [4]. На рисунке 3 показаны полученные нами в программе *Micro-Cap* 12 временные диаграммы среднего за период значения мощности, рассеиваемой транзистором, для различных значений емкости RCD -цепи, которые подтверждают это предположение.

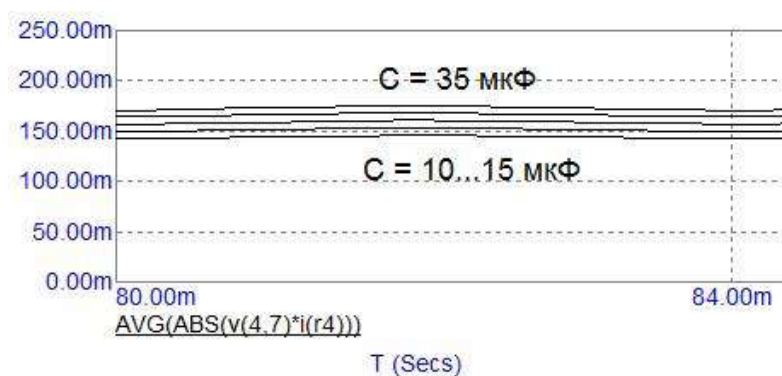


Рис. 3. Фрагмент временных диаграмм среднего за период значения мощности, рассеиваемой транзистором, для различных значений емкости RCD -цепи

Источники

1. RCD-снаббер – принцип работы и пример расчета [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://elektrik.info/main/praktika/1509-rcd-snabber-princip-raboty-i-primer-rascheta.html> (дата обращения: 26.02.2023).

2. Колпаков А., Ламп Й. Проблемы проектирования IGBT-инверторов: перенапряжения и снабберы // Компоненты и технологии. 2008. № 5(82). С. 98–103.

3. Павленко А.В., Васюков И.В., Пузин В.С. Повышение мощности инверторных источников питания для комбинированных сварочных устройств // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2013. № 1(170). С. 84–88.

4. Конденсаторы для пассивных снабберных цепей [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://russianelectronics.ru/kondensatory-dlya-snabbernyh-czepej/> (дата обращения: 27.02.2023).

УДК 62-531.4

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПРОВОРОТА РОТОРА ТЯЖЕЛОВЕСНЫХ ТУРБОАГРЕГАТОВ

П.В. Юдин¹, С.Р. Чистяков², А.В. Яковкина³

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.В. Струмеяк

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «БрГУ», г. Братск

zloazazin@yandex.ru¹, semen-bratsk@yandex.ru², arianahap@yandex.ru³

В настоящее время при производстве ремонтных работ на турбогенераторах проворот ротора выполняется с помощью мостового крана. Процесс является трудоемким и продолжительным, зависимым от наличия крана. С целью сокращения затрат времени, повышения производительности и улучшения условий труда рабочего персонала в статье предложены альтернативные способы проворота тяжеловесных роторов.

Ключевые слова: турбогенератор, проворот ротора, *IGBT*-транзистор.

DEVELOPMENT OF A ROTOR TURNING SYSTEM FOR HEAVY-DUTY TURBINE UNITS

P.V. Yudin¹, S.R. Chistyakov², A.V. Yakovkina³

^{1,2,3}Bratsk State University, Bratsk, Russia

zloazazin@yandex.ru¹, semen-bratsk@yandex.ru², arianahap@yandex.ru³

The rotation of the rotor of turbo generation is perform with a bridge crane, when a generation is in repairing. This process is time – consuming and dependent on the availability of a crane. The article suggests alternative ways of turning heavy – weight rotors in order to reduce time costs, increase productivity an improve the working conditions of working personnel.

Keywords: turbo generator, rotor rotation, *IGBT*-transistor.

При проведении ремонтных работ на турбогенераторах для центровки муфт необходимо выполнять проворот ротора. В настоящее время в подавляющем большинстве случаев вращение тяжеловесных

роторов осуществляется с помощью мостового крана и стропа, намотанного на ступицу одной из полумуфт. Указанный способ характеризуется сложностью процесса и значительным периодом реализации.

В ходе работы были проанализированы методы проворота тяжеловесного ротора при помощи подручных средств, электромеханическим и механическим способом. Анализ рассмотренных вариантов показал, что проворот ротора с помощью рычага имеет весомые недостатки – высокая вероятность повреждения зубьев у полумуфты и травмоопасность. Проворот электромеханическим способом осуществляется путем подключения источника питания к выводам обмотки статора за счет чего осуществляется поворот на нужный угол. Однако данный способ имеет смысл только при ремонте турбоагрегата с неразобраным генератором. Проворот механическим способом с помощью червячной передачи может быть использован в ремонте турбоагрегатов с разобраным генератором.

Электромеханический способ подходит для проворота турбоагрегата открытого типа с системой из одного ротора, и заключается в подаче трехфазного переменного тока пониженного напряжения от источника с регулируемой частотой на обмотку статора турбоагрегата с определенной последовательностью чередования фаз, что создает вращающееся магнитное поле.

Возникновение силы F_n , проворачивающей ротор, обусловлено подачей напряжения на фазу статора, при роторе, намагниченном предыдущей фазой статора. Такая сила позволяет поворачивать ротор на некоторый угол. Смена последовательности чередования фаз дает возможность изменять направление вращения. При этом, логика в системе управления подает сигналы на коммутацию *IGBT*-транзисторов, начинают открываться и закрываются (см. рисунок). Данный эффект позволяет повернуть ротор на заданный угол [1, 2].

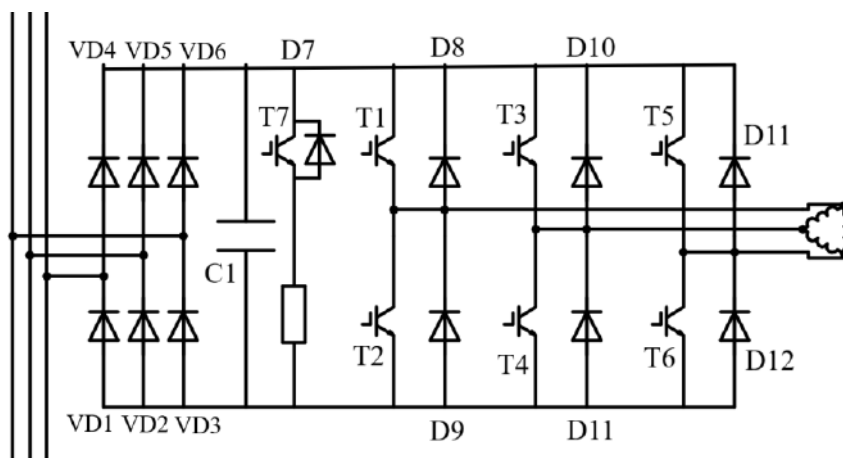
Величина тока страгивания определяется по выражению:

$$I = \frac{\sqrt{\frac{8 \cdot k \cdot m \cdot g \cdot l_0^2}{D \cdot \mu_0 \cdot S_0}} + H \cdot \left(\frac{1}{2} \cdot l_{стат} + l_{ром} \right)}{w},$$

где k – коэффициент трения скольжения, m – масса ротора турбоагрегата, g – ускорение свободного падения, l_0 – воздушный зазор между ротором и

статором с двух сторон, D – диаметр ротора, μ_0 – магнитная постоянная, S_0 – половина площади поверхности бочки ротора, H – напряженность магнитного поля в стали ротора и статора, $l_{\text{стат}}$ – длина средней линии магнитной цепи статора, $l_{\text{рот}}$ – длина средней линии магнитной цепи ротора, w – количество витков фазы статора.

В основе полезной модели лежит схема, выполненная на *IGBT*-транзисторах (см. рисунок).



Принципиальная схема электромеханической системы проворота ротора турбоагрегата

В соответствии со схемой 3-х фазное напряжение сети преобразуется в постоянное с помощью шестипульсного выпрямителя на диодах VD1-VD6. В качестве сглаживающего фильтра используется конденсатор C1. Далее из постоянного напряжения величиной около 530 В формируется 3-х фазная система напряжений с помощью силовых *IGBT*-транзисторов VT1-VT6. Управление *IGBT*-транзисторами осуществляется через плату-драйвер, имеющую 6 каналов и гальваническую развязку. Однако в случае, когда турбоагрегат представляет из себя систему, включающую в себя несколько роторов, массой 10 тонн и более, электромеханический способ не может быть применен. В таком случае необходимо применять механическую систему, которая состоит из червячной передачи, главных шестеренок, а также съемной ручки и двигателя. Таким образом, с помощью минимальных нагрузок на двигательную часть можно прокрутить тяжеловесный ротор на определенный угол.

Для оценки технико-экономических показателей предлагаемого решения необходимо оценить затраты от простоев, связанных с занятостью крана, сопоставить их со стоимостью системы проворота.

Ориентировочная стоимость разработки составляет примерно 3 млн. рублей. При этом следует учитывать, что одна и та же система проворота может быть использована на разных турбогенераторах.

Таким образом, разработанная система позволяет с одной стороны отказаться от применения подручных средств, с другой – высвободить подъемный кран при проведении центровки турбоагрегата.

Источники

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. 7-е изд., перераб. и доп. М.: «Высшая школа», 1978. 528 с.

2. Калашников С.Г. Электричество: учебное пособие для вузов. 3-е изд. М.: Наука, 1970. 668 с.

УДК 621.315

РАЗРАБОТКА ПИТАНИЯ УСТРОЙСТВА БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ К КОМПЛЕКСУ ДИАГНОСТИКИ И МОБИЛЬНОЙ ПЛАВКИ ГОЛОЛЕДА ДЛЯ ВЛЭП

Н.М. Якупов

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Д.А. Иванов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

janijaz@yandex.ru

Проблема гололедообразования является одной из важнейших для линий электропередач. В статье рассмотрен комплекс мониторинга гололедообразования на ВЛЭП. Так же предложена модель системы питания для устройства, обеспечивающего беспроводную связь комплекса мониторинга гололедообразования с диспетчерским пунктом.

Ключевые слова: плавка гололеда, диагностика и обслуживание ВЛЭП, устройство беспроводной передачи данных, источник питания.

DEVELOPMENT OF A WIRELESS COMMUNICATION DEVICE FOR A COMPLEX OF DIAGNOSTICS AND MELTING OF ICE FOR OVERHEAD POWER LINES

N.M. Yakupov

KSPEU, Kazan, Russia

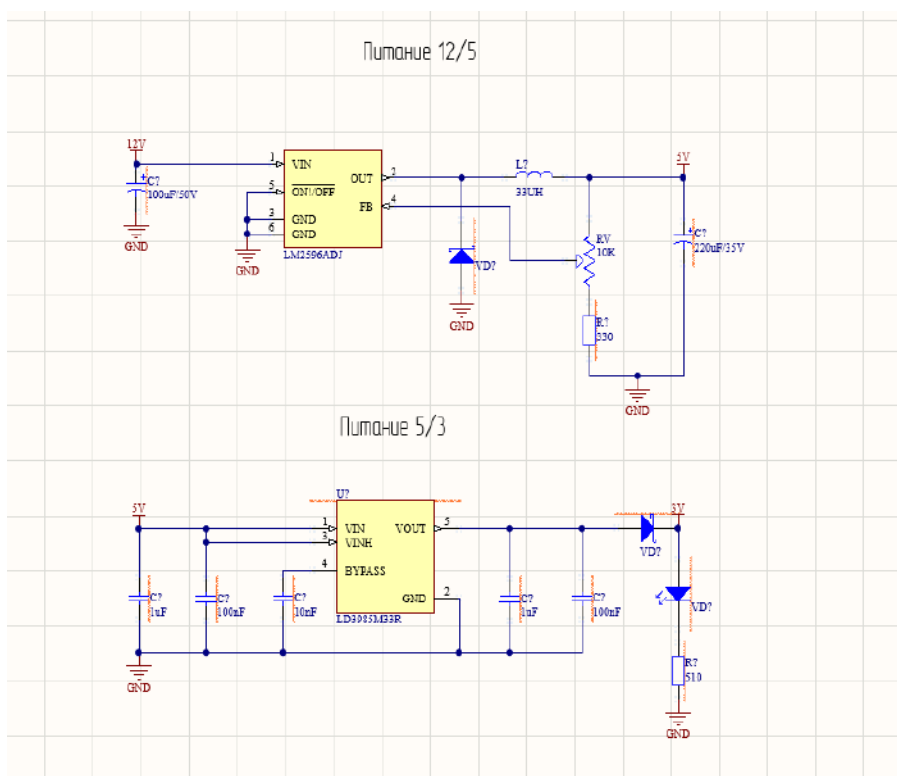
janijaz@yandex.ru

The problem of ice formation is one of the most important problems for power lines. The article considers the complex of monitoring of ice formation on power lines. A model of a power supply system for a device providing wireless communication of an ice formation monitoring complex with a control room is also proposed.

Keywords: ice melting, diagnostics and maintenance of overhead lines, wireless data transmission device, power supply.

Одной из причин аварийных ситуаций на воздушных линиях электропередачи (ВЛЭП) в осенне-зимний период является образование критических объемов гололедных отложений на проводах, это может привести к их обрыву, а также повлечь за собой разрушение опор [1]. Для борьбы с данным явлением используется комплекс диагностики и мобильной плавки гололеда для ВЛЭП [2, 3]. Для наиболее эффективной работы комплекса является актуальной задача внедрения в его состав модуля беспроводной связи, который позволяет обеспечивать удаленное соединение с диспетчерским центром. В данной работе описана схема питания для данного комплекса (см. рисунок).

Питание схемы осуществляется от внешнего источника 12 В, затем преобразуется через импульсный преобразователь в 5 В для питания модуля связи. Также в схеме используется линейный преобразователь с 5 на 3 В, такое решение предусмотрено для питания микроконтроллера и преобразователей данных UART-RS232/RS485.



Схемы понижающих DC-DC преобразователей

Исследования выполнены в рамках программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030»: соглашение №075-15-2021-1087 от 30.09.2021, соглашение №075-15-2021-1178 от 30.09.2021.

Источники

1. Бучинский В.Е. Гололед и борьба с ним. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 68 с.
2. Дьяков А.Ф. Предотвращение и ликвидация гололедных аварий в электрических сетях энергосистем. Пятигорск: Изд-во РП «Южэнерготехнадзор», 2000. 284 с.
3. Левченко И.И. Плавка гололеда на проводах и тросах воздушных линий высокого напряжения: Учебное пособие. М.: Издательство МЭИ, 1998. 44 с.

УДК 621.315

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ К КОМПЛЕКСУ ДИАГНОСТИКИ И МОБИЛЬНОЙ ПЛАВКИ ГОЛОЛЕДА ДЛЯ ВЛЭП

Н.М. Якупов¹, А.Д. Арсланов², З.А. Даутов³

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Д.А. Иванов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹janijaz@yandex.ru, ²arslanovad97@gmail.com, ³dautovza@gmail.com

В статье рассмотрен комплекс мониторинга гололедообразования, предназначенный для решения проблемы образования гололеда на ВЛЭП. Представлена модель устройства для обеспечения беспроводной связи комплекса мониторинга гололедообразования с диспетчерским пунктом.

Ключевые слова: плавка гололеда, диагностика и обслуживание ВЛЭП, устройство беспроводной передачи данных.

DEVELOPMENT OF A WIRELESS COMMUNICATION DEVICE FOR A COMPLEX OF DIAGNOSTICS AND MELTING OF ICE FOR OVERHEAD POWER LINES

N.M. Yakupov¹, A.D. Arslanov², Z.A. Dautov³

KSPEU, Kazan, Russia

¹janijaz@yandex.ru, ²arslanovad97@gmail.com, ³dautovza@gmail.com

The article considers a complex of ice formation monitoring, designed to solve the problem of ice formation on the overhead line. A model of a device for providing wireless communication of an ice formation monitoring complex with a control room is presented.

Keywords: ice melting, diagnostics and maintenance of overhead lines, wireless data transmission device.

Образование гололеда на линиях электропередачи часто приводит к различным авариям, вследствие чего потребитель временно остается без электроэнергии [1]. Для решения данной проблемы используется система мониторинга, структура которой представлена на рисунке 1 [2, 3]. Она обеспечивает мониторинг и устранение гололедообразования на линиях электропередачи.



Рис. 1. Блок-схема системы мониторинга гололедообразования на ВЛЭП

Для повышения эффективности данной установки было разработано устройство, позволяющее обеспечить удаленное соединение с диспетчерским центром. Схема данного устройства представлена на рисунке 2. Оно дает возможность оперативно получать данные о состоянии линий и плавке гололеда.

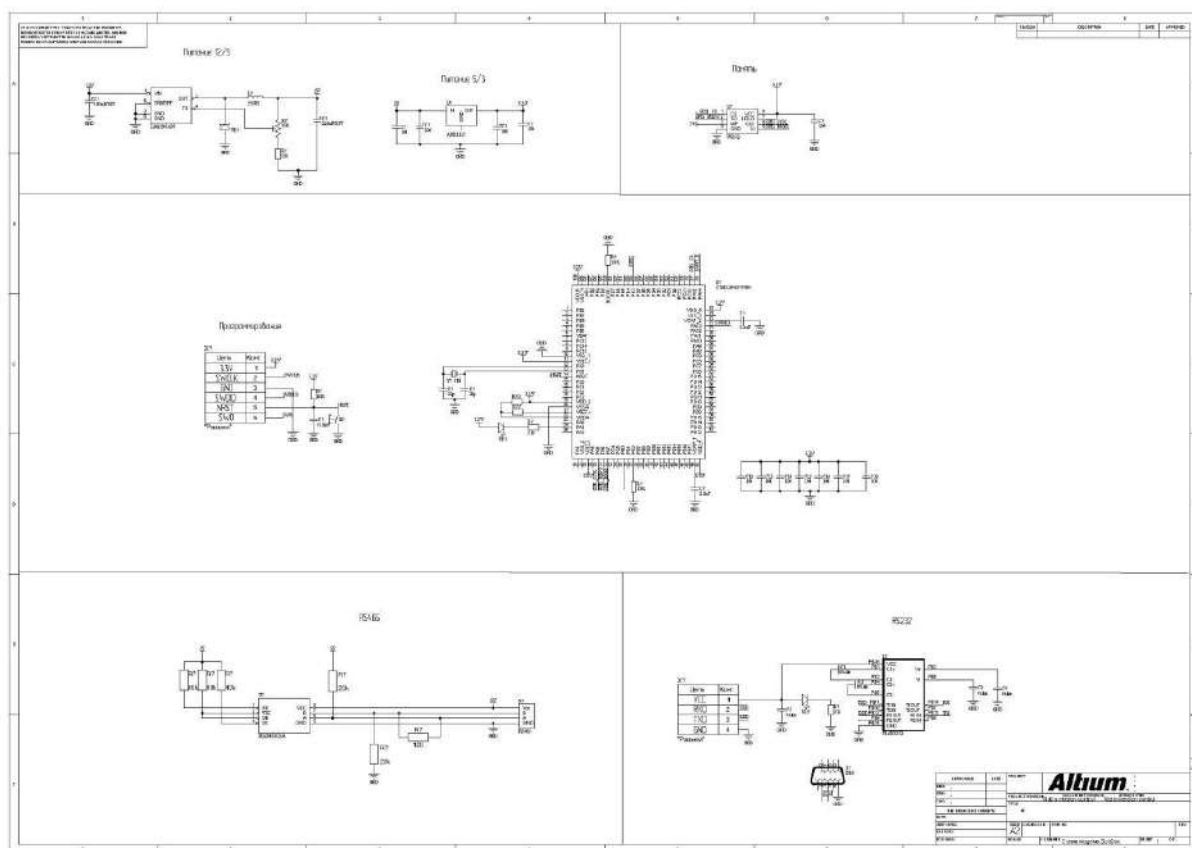


Рис. 2. Схема устройства беспроводной связи к комплексу диагностики и мобильной плавки гололеда для ВЛЭП

Устройство сделано на базе микроконтроллера STM32F407VG6T. Данный прибор подключается к системе плавки гололеда по проводным интерфейсам передачи данных RS-232 и RS-485, удаленное соединение обеспечивается использованием модуля беспроводной передачи данных SIM7600G. Управление модулем связи осуществляется с помощью AT команд, посылаемых по протоколу передачи данных UART. Беспроводная передача данных происходит с использованием протокола TCP/IP в “прозрачном” режиме.

Исследования выполнены в рамках программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030»: соглашение №075-15-2021-1087 от 30.09.2021, соглашение №075-15-2021-1178 от 30.09.2021.

Источники

1. Бучинский В.Е. Гололед и борьба с ним. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 68 с.

2. Дьяков А.Ф. Предотвращение и ликвидация гололедных аварий в электрических сетях энергосистем. Пятигорск: Изд-во РП «Южэнерготехнадзор», 2000. 284 с.

3. Левченко И.И. Плавка гололёда на проводах и тросах воздушных линий высокого напряжения: Учебное пособие. М.: Издательство МЭИ, 1998. 44 с.

УДК 621.315

УСТРОЙСТВО ИНДИКАЦИИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДАТЧИКОВ

Н.М. Якупов

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Д.А. Иванов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

janijaz@yandex.ru

Комплекс мониторинга гололедообразования на ВЛЭП получил широкое распространение в качестве средства борьбы с проблемой образования гололеда. Для его модернизации был разработан прибор индикации температурных датчиков. В статье рассмотрено его устройство и применение.

Ключевые слова: плавка гололеда, диагностика и обслуживание ВЛЭП, устройство беспроводной передачи данных.

TEMPERATURE SENSOR DISPLAY DEVICE

N.M. Yakupov

KSPEU, Kazan, Russia

janijaz@yandex.ru

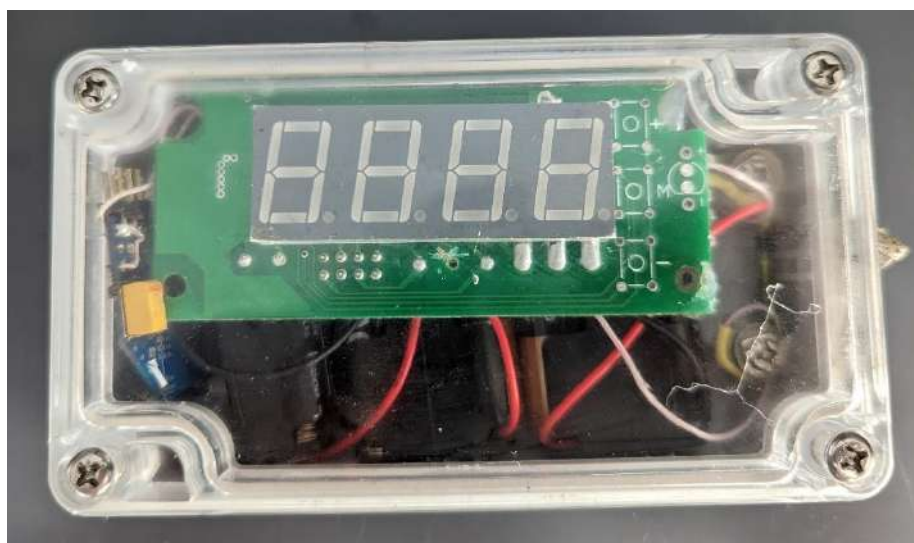
The complex of monitoring of ice formation on the overhead line has become widespread as a means of combating the problem of ice formation. For its modernization, a device for indicating temperature sensors was developed. The article discusses its device and application.

Keywords: ice melting, diagnostics and maintenance of overhead lines, wireless data transmission device.

В наших климатических условиях значимой проблемой является обледенение линий электропередачи. Зимой, из-за намерзшего льда, провода могут сильно утяжеляться. Вследствие чего крепления, не

рассчитанные на такой вес, не выдерживают и обрываются [1]. Зачастую эта проблема решается электротермическим способом – плавкой. При этом способе через провода пропускают постоянный или переменный ток, из-за чего они нагреваются, что приводит к плавлению льда. Такой способ может применяться как для профилактики, так и для серьёзного плавления толстых слоёв льда, что регулируется температурой нагрева [2].

Для измерения температуры во время плавки был разработан датчик температур, связанный с индикацией (см. рисунок). Связь осуществляется при помощи устройства *Telegesis E18*, оно отличается низкой стоимостью и энергопотреблением. Важным элементом системы является геркон – устройство, относящееся к электротехнике, целью которого является повышение коммутируемой мощности без изменения электрической цепи при воздействии магнитного поля от постоянного магнита или внешнего электромагнита [3]. Он предназначен для бесконтактного включения индикатора. Данная разработка поможет контролировать температуру на проводе, что позволит избежать разрывов и перегревов при протекании тока.



Устройство индикации температурных датчиков

Исследования выполнены в рамках программы стратегического академического лидерства «Приоритет 2030»: соглашение №075-15-2021-1087 от 30.09.2021, соглашение №075-15-2021-1178 от 30.09.2021.

Источники

1. Бучинский В.Е. Гололед и борьба с ним. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 68 с.

2. Дьяков А.Ф. Предотвращение и ликвидация гололедных аварий в электрических сетях энергосистем. Пятигорск: Изд-во РП «Южэнерготехнадзор», 2000. 284 с.

3. Левченко И.И. Плавка гололёда на проводах и тросах воздушных линий высокого напряжения: Учебное пособие. М.: Издательство МЭИ, 1998. 44 с.

СЕКЦИЯ 4. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ФИЗИКИ, ХИМИИ И МАТЕМАТИКИ

УДК 537.12

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ МЕТОДАМИ ЯДЕРНОГО КВАДРУПОЛЬНОГО РЕЗОНАНСА

И.В. Алексеев¹, А.Р. Гарифуллин², А.Ф. Иванов³

Науч. рук. доцент Е.В. Шмидт

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹Alekseevira235@mail.ru., ²admen3323@gmail.com, ³ivanovaleksandr@yandex.ru

В представленной работе приведены результаты изучения фазовых переходов в перспективных полупроводниковых соединениях методами ядерного квадрупольного резонанса.

Ключевые слова: полупроводниковые соединения, структурный фазовый переход, ядерный квадрупольный резонанс (ЯКР), градиенты электрических полей (ГЭП).

INVESTIGATION OF PHASE TRANSITIONS USING NUCLEAR QUADRUPOLE RESONANCE METHODS

I.V. Alekseev¹, A.R. Garifullin², A.F. Ivanov³

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

¹Alekseevira235@mail.ru., ²admen3323@gmail.com, ³ivanovaleksandr@yandex.ru

The present work presents the results of studying phase transitions in promising semiconductor compounds by nuclear quadrupole resonance methods.

Keywords: semiconductor compounds, structural phase transition, nuclear quadrupole resonance (NQR), electric field gradients (EFG).

Целью данной работы является рассмотрение результатов исследования фазовых переходов в перспективных полупроводниковых соединениях методами ЯКР. Явление ЯКР заключается в резонансном поглощении электромагнитной энергии в кристаллах, обусловленном переходами между энергетическими уровнями, образующимися в результате взаимодействия электрического квадрупольного момента атомного ядра с ГЭП в месте расположения ядер. При этом мерой

отклонения зарядового распределения ядра от сферического служит ядерный квадрупольный момент, а мерой неоднородности электрического поля – ГЭП [1]. Квадрупольным моментом могут обладать атомные ядра со спином $I > 1/2$.

Поскольку спектральные и релаксационные параметры ЯКР исключительно чувствительны к различным сверхтонким взаимодействиям, методы ЯКР используются для исследования фазовых переходах в кристаллах. Важное значение результатов ЯКР-исследований состоит в том, что эксперименты в этом случае проводят в нулевом внешнем магнитном поле, влияние которого на фазовые переходы может оказаться весьма существенным. В представленной работе рассмотрены результаты ЯКР исследований на примере структурных переходов в двух полупроводниковых соединениях: в слоистом кристалле - диселениде ниобия 2H-NbSe_2 и в кристалле со структурой перовскита CsPbBr_3 [1, 2]. Изученные соединения известны своими замечательными физическими свойствами, благодаря которым они являются перспективными материалами для различных прикладных областей.

Полученный экспериментальный спектр ядерного квадрупольного резонанса на ядрах ниобия - ЯКР ^{93}Nb (ядерный спин ниобия $I=9/2$) в диселениде ниобия 2H-NbSe_2 в нормальной фазе состоит из хорошо разрешенных резонансных линий, при этом значения резонансных частот соответствуют случаю аксиальной симметрии тензора ГЭП в месте расположения ядер ниобия. Согласно нейтронографическим данным это соединение испытывает при температуре 31 К структурный фазовый, сопровождаемый образованием волн зарядовой плотности (ВЗП-переход). Существуют доказательства того, что причина такого перехода связана с особыми свойствами электронов проводимости в этом полупроводниковом соединении. Температурная зависимость формы линии ЯКР ^{93}Nb , соответствующей верхнему переходу в соединении 2H-NbS_2 носит сложный характер: она остается практически неизменной при понижении температуры от 77 К до 34 К. При более низких температурах резонансная линия значительно уширяется и обнаруживается появление значительного распределения с двумя выраженными максимумами. Ниже температуры фазового перехода (31 К) это распределение увеличивается вплоть до исчезновения сигналов ЯКР-эхо, происходящего при температуре перехода в сверхпроводящее состояние (7,2 К). Таким образом, характерная особенность спектра ЯКР ^{93}Nb - это существование значительного распределения ГЭП в месте расположения ядер ниобия в температурной области, соответствующей ВЗП фазе [2].

В качестве другого примера, демонстрирующего возможности методов спектроскопии ЯКР в исследовании фазовых переходов в кристаллах можно привести результаты изучения температурной зависимости резонансных частот ЯКР на ядрах брома -ЯКР ^{81}Br (ядерный спин ^{81}Br , $I=3/2$) в полупроводниковом соединении CsPbBr_3 . В настоящее время это соединение привлекло к себе особое внимание в качестве перспективного материала для солнечной энергетики. В кристаллах этого соединения при температурах выше 406 К в спектре ЯКР ^{81}Br наблюдается одна резонансная линия, соответствующая кубической структуре соединения (фаза I). При понижении температуры происходит фазовый переход в тетрагональную фазу II. Экспериментальная одиночная линия ЯКР ^{81}Br при таком понижении температуры расщепляется на две резонансные линии с различной интенсивностью, что прямо соответствует возникновению в кристаллической решетке соединения двух типов структурно неэквивалентных позиций атомов брома.

Таким образом, характерные изменения в спектрах ЯКР при фазовых переходах сводятся к следующим особенностям: 1) к скачку температурной зависимости частоты и изменению наклона этой зависимости; 2) к изменению ширины и формы резонансных линий. В результате ЯКР методы позволяют не только обнаруживать фазовые переходы и определять их тип, но детально изучить кинетику фазовых превращений [5].

Источники

1. Шульгин, Дмитрий Анатольевич диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук: <http://dlib.rsl.ru>
2. Матухин, Вадим Леонидович Экспериментальное исследование сверхпроводников методами ЯКР : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора физико-математических наук: <http://dlib.rsl.ru>
3. Sharma S., Weiden N., Weiss A. Z. Naturforsch. 1990, 46a, 329.
4. Матухин В.Л., Щеткин И.С., Сафин И.А. Физика низких температур. 1982.8. №4. С. 437.
5. Шмидт, Станислав Владимирович Ядерный квадрупольный резонанс и электронные свойства полупроводникового соединения CuAlO_2 : <http://dlib.rsl.ru>

ПОДХОДЫ ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ ОСНОВНЫХ НЕДОСТАТКОВ ДВУМЕРНОЙ ЯМР

Д.Ф. Ахунов¹, А.И. Шайдуллин²

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор А.Ф. Гайсин

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

^{1,2}89274478153@mail.ru

В статье предложены различные подходы для решения основных недостатков двумерной ЯМР спектроскопии для количественного анализа. Представлены методы, улучшающие качество полученных результатов и получившие применение на реальных образцах.

Ключевые слова: двумерная ЯМР спектроскопия, последовательность двумерных импульсов, пространственно-кодирующий период, чирпированный импульс.

APPROACHES TO ELIMINATE THE MAIN DISADVANTAGES OF 2D NMR

D.F. Akhunov¹, A.I. Shaidullin²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

^{1,2}89274478153@mail.ru

The article offers various approaches to solve the main disadvantages of two-dimensional NMR spectroscopy for quantitative analysis. The methods improving the quality of the results obtained and applied on real samples are presented.

Keywords: two-dimensional NMR spectroscopy, sequence of two-dimensional pulses, space-coding period, chirped pulse.

Первым недостатком двумерной ЯМР для количественного анализа является его специфический характер. В двумерной ЯМР пиковый объем зависит от k - константы пропорциональности в зависимости от J -связей, времени релаксации, задержек последовательности импульсов, эффектов нерезонанса и т.д. Поскольку k неизвестен и зависит от конкретного участка, необходимо найти способ определить его для каждого пика, который будет использоваться для количественной оценки.

Существуют различные подходы для решения данной проблемы [1]. Первый заключается в модификации самого эксперимента ЯМР для устранения зависимости k от различных факторов, упомянутых ранее, чтобы пиковый объем больше не зависел от участка.

Второй подход заключается в определении для каждого пика точного значения k , основанного на теоретических соображениях.

Третий подход так же определяет различные значения k , но опирается на более классические аналитические подходы, например, калибровка или стандартные сложения [2].

Два первых подхода специфичны для ЯМР и не нашли применения в экспериментальных исследованиях. Третий оказался очень эффективным и применяется в сочетании с любой последовательностью импульсов двумерной ЯМР.

Вторым недостатком, с точки зрения количественного анализа, двумерной ЯМР является время эксперимента. Длительные эксперименты с большей вероятностью будут подвержены влиянию нестабильности спектрометра с течением времени.

Первый подход к сокращению времени эксперимента заключается в тщательной оптимизации параметров их проведения с целью сокращения их продолжительности при сохранении или даже улучшении количественных характеристик. Тщательная оптимизация параметров сбора и обработки позволяет достичь хорошей степени достоверности и точности (как правило, ниже 10%) при разумном времени эксперимента – обычно несколько десятков минут.[3]

Второй подход заключается в альтернативных стратегиях сбора, способных записывать 2D-спектры за гораздо более короткое время, чем обычная двумерная ЯМР. Среди этих стратегий — сверхбыстрая двумерная ЯМР. В основе этой методики лежит пространственно-кодированный период, возможный благодаря подходящей комбинации чирпированных импульсов и градиентов магнитного поля, за которым следует схема обнаружения, вдохновленная эхо-планарной спектроскопической визуализацией. В то время как первоначальная методология страдала от ряда ограничений, которые сдерживали ее производительность, многочисленные методологические разработки значительно улучшили чувствительность, разрешение, спектральную ширину и форму линии [4].

Благодаря применению данных гибридных методов, полученных из сверхбыстрой двумерной ЯМР, могут быть исследованы концентрации

основных метаболитов в сложных образцах, например, клетки рака молочной железы или экстракты околоплодника томатных фруктов [5].

Источники

1. Giraudeau, Quantitative 2D liquid-state NMR, Magn. Reson. Chem., 52 (2014) 259-272
2. Martineau, I. Tea, S. Akoka, P. Giraudeau, Absolute quantification of metabolites in breast cancer cell extracts by quantitative 2D ^1H INADEQUATE NMR, NMR Biomed., 25 (2012) 985-992
3. Giraudeau, S. Akoka, Fast and ultrafast quantitative 2D NMR: vital tools for efficient metabolomic approaches, Adv. Bot. Res., 67 (2013) 99-158
4. Giraudeau, L. Frydman, Ultrafast 2D NMR: An Emerging Tool in Analytical Spectroscopy, Annu. Rev. Anal. Chem., 7 (2014) 129-161
5. Jézéquel, C. Deborde, M. Maucourt, V. Zhendre, A. Moing, P. Giraudeau, Absolute quantification of metabolites in tomato fruit extracts by fast 2D NMR, Metabolomics, In press, doi: 10.1007/s11306-015-0780-0 (2015)

УДК 535.015

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕФРАКТОМЕТРА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЛИКЕМИЧЕСКОГО ИНДЕКСА

В.В. Иванов¹, Р.Ф. Габдрахманов²

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доц. Погорельцев А.И.

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

¹vadim_2002@list.ru, ²doc8956@gmail.com

В настоящей работе приведены результаты использования рефрактометра для измерения процента содержания глюкозы в моче. Были использованы имеющиеся в распоряжении группы ручной рефрактометр YIERYI и глюкометр AICARE. В настоящее время проводятся дополнительные измерения и обработка полученных данных. Проводится обсуждение полученных результатов.

Ключевые слова: рефрактометр, глюкометр, показатель преломления, оптическая спектроскопия, фотометрия, спектрофотометр, концентрация раствора.

USING A REFRACTOMETER TO DETERMINE THE GLYCEMIC INDEX

V.V. Ivanov¹, R.F. Gabdrakhmanov²

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

¹vadim_2002@list.ru, ²doc8956@gmail.com

This paper presents the results of using a refractometer to measure the percentage of glucose in urine. The YIERYI hand-held refractometer and AICARE glucometer were used. Additional measurements and data processing are currently being carried out. The obtained results are being discussed.

Keywords: refractometer, glucometer, refractive index, optical spectroscopy, photometry, spectrophotometer, solution concentration.

В данном исследовании мы старались выявить связь между гликемическим индексом и показателем преломления рефрактометра, а также проанализировать возможность создания градуировочной линии на основе координат индекса гликемии и угла преломления. Рефрактометр был разработан для контроля содержания глюкозы во многих жидкостях, таких как вино, соки и безалкогольные напитки [1]. Этот прибор обладает рядом преимуществ, включая быстроту и точность измерений содержания сахара в жидкостях, надежность во время использования, портативность и простоту в эксплуатации, а также возможность измерения в широком диапазоне.

Рефрактометрия представляет собой метод оптического анализа, основанный на измерении показателя преломления исследуемого вещества. Закон преломления:

$$\frac{\sin \varphi_1}{\sin \varphi_2} = n$$

Содержание сахара в процентах рассчитывают по формуле:

$$x = (n_1 - n) * 1000 * K$$

Показатель испытуемого раствора обозначен как n_1 , а показатель дистиллированной воды при температуре определения - как n . Для пересчета показателя преломления на процентное содержание сахара в исследуемом продукте используется коэффициент K , который устанавливается экспериментально для группы однородных продуктов по специальной методике [2].

Для определения концентрации двухкомпонентных растворов можно использовать градуировочный график, который строится на основе показателя преломления и концентрации раствора. Для создания этого графика необходимо определить показатель преломления специально приготовленных растворов с известной концентрацией, для этого на оси ординат - концентрация раствора, а на оси абсцисс откладывается показатель преломления [3]. После этого находят неизвестную концентрацию раствора. Мы первоначально выставили ноль на рефрактометре (см.рисунок) для дистиллированной воды. Далее наносили несколько капель мочи на зеркало рефрактометра, проводили измерения показателя преломления [4]. Наблюдается корреляция между углом рефрактометра и индексом гликемии. Например, при индексе гликемии 5.7 показания по шкале Брикса составили 4%, а при индексе 6.2 показания составили 6%.



Рефрактометр

Кроме того, были проведены исследования с раствором крови. Однако, из-за сложности получения точного объема крови, результаты оказались неточными. В настоящее время проводятся дополнительные измерения и обработка полученных данных.

Источники

1. Машковский М. Д. Лекарственные средства – 15-е изд., перераб., испр. и доп. – М.: РИА “Новая волна”: Издатель Умеренков, 2008. – 1206 с.: ил.
2. Государственная Фармакопея РФ. Лекарственные средства синтетического и минерального происхождения. Издание XIV, Том 3, Москва, 2018, 4777-4780 с.
3. Тихонова О.К., Дрыгунова Л.А., Белоусова Н.И., Шевцова Т.А. Аналитическая химия. Количественный химический анализ // учебное пособие. под ред. Тихоновой О.К. – Изд.-2, испр., Томск: СибГМУ, 2015. – 200 с.
4. Захаров С.М., Знайко Г.Г. Состояние развития неинвазивных методов определения концентрации глюкозы в крови // Вестник КГЭУ. 2009. №3. С. 193-200.

УДК 544.77

ВОЗМОЖНОСТИ МЕТОДОВ КОМБИНАТОРИКИ ДЛЯ АНАЛИЗА СТРУКТУРНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ МЕТАЛЛ-АЛЬГИНАТНЫХ ГИДРОГЕЛЕЙ

М.А. Казанцева

Науч. рук. д-р хим. наук, профессор О.С. Зуева

МИЭМ НИУ ВШЭ, г. Москва

masha353kazan@gmail.com

Изучен элементный состав металл-альгинатных гидрогелей. Показано, что элементный состав дает информацию о степени заполнения возможных мест связывания и наиболее вероятном строении зон соединения. Оценены возможности методов комбинаторики для анализа структурных особенностей металл-альгинатных гидрогелей.

Ключевые слова: полисахариды, альгинат натрия, элементный анализ, комбинаторика.

POSSIBILITIES OF COMBINATORIAL METHODS FOR ANALYSIS OF METAL-ALGINATE HYDROGEL STRUCTURAL FEATURES

M.A. Kazantseva

MIEM HSE, Moscow, Russia

masha353kazan@gmail.com

The elemental composition of metal-alginate hydrogels has been studied. It was shown that the elemental composition provides information on the degree of possible binding sites

filling and the most probable design of junction zones. The possibilities of combinatorial methods for analysis of metal-alginate hydrogel structural features were evaluated.

Keywords: hydrogels, sodium alginate, elemental analysis, combinatorics

Природные полисахариды, являющиеся биосовместимыми и биоразлагаемыми полимерами, находят широкое применение в пищевой, фармацевтической, косметологической промышленности, а также во многих биомедицинских приложениях [1-3]. Приготовленные на их основе материалы показали свою эффективность для удаления ядохимикатов, пестицидов, тяжелых металлов, антибиотиков и других загрязнителей из воды и сточных вод [4]. Попарное соединение цепей, происходящее при добавлении катионов двухвалентных щелочноземельных металлов к раствору природного полисахарида, например, альгината натрия, приводит к возникновению металл-альгинатных гидрогелей. За возникновением альгинатных димеров почти одновременно следует их последующая латеральная ассоциация в плоские зоны соединения, появление которых приводит к созданию структуры металл-полисахаридных микросфер. Расчетными методами было показано [5], что комплексообразование между щелочноземельными катионами и карбоксильными группами альгинатных звеньев происходит только за счет ионных связей, т.е. за счет электростатического взаимодействия. В данной работе исследованы особенности ассоциации альгинатных цепей в зоны соединения и наиболее вероятные структуры этих зон, образующихся при сшивании альгинатов различными двухвалентными щелочноземельными металлами (Ba, Ca, Sr) путем анализа данных по элементному составу стенок металл-альгинатных микросфер

Биополимерные цепи альгината имеют нерегулярную блочную структуру, поскольку его линейные молекулы построены из остатков β -D-маннуроновой кислоты (единицы M) и остатков α -L-гулууроновой кислоты (единицы G). Химическая формула альгиновой кислоты $(C_6H_8O_6)_n$ отражает состав как единиц M, так и единиц G. Тем не менее, пространственные структуры, образуемые блоками MM, MG, GG из двух единиц, различаются достаточно сильно. Связывание двухвалентными катионами альгинатных цепей в димеры приводит к возникновению последовательности ячеек из 4 единиц (двух попарно соединенных блоков) с катионом во внутренней полости. Дальнейшая латеральная ассоциация димеров может происходить двумя путями, как за счет соединения димеров взаимодействиями Ван-дер-Ваальса и водородными связями, так и за счет ионных связей с внедряемыми катионами. В первом случае

необходимое для осуществления связей число катионов в два раза меньше, чем во втором. Плоские зоны соединения, представляющие собой совокупность ячеек, описываются в рамках «egg-box» модели. При полностью заполненных катионами ячеек «egg-box» листа среднее число катионов щелочноземельных металлов Me^{2+} в расчете на блок C_{12} теоретически должно быть равно 1, в случае соединенных димеров 0.5.

Данные элементного анализа показали, что для щелочноземельных металлов число катионов на блок оказалось меньшим единицы, составляя 0.6 для бария и 0.65-0.7 для стронция. Этот факт объясняется тем, что относительно слабое электростатическое взаимодействие приводит к разному связыванию щелочноземельных катионов с альгинатными ячейками различных типов (GG–GG, GG–GM, GG–MM, GM–GM, GM–MM, MM–MM). Это проявляется в наличии незанятых мест в ячейках «egg-box» листа. Однако то, что число катионов на блок оказалось все же большим, чем 0.5, говорит о существовании ионов в зоне междимерной ассоциации. Поэтому для бария и стронция стадия объединения в димеры, вероятно, проходит одновременно со стадией междимерной ассоциации. Для кальция число заполнения ячеек, равное 0.3, говорит о том, что биополимерные цепи соединяются в виде уже образованных димеров и поэтому больше половины карбоксильных групп не участвуют в образовании ионных связей.

Известно, что в эксперименте использовался альгинат, у которого отношение числа единиц $\text{M/G} = 1.5$. Эта информация позволила использовать методы комбинаторики и рассчитать вероятности возникновения ячеек различных типов, появляющихся при ассоциации альгинатных цепей с соотношением звеньев $\text{M/G} = 1.5$. Числа заполнения этих ячеек катионами объяснены их особенностями связывания с отдельными блоками. Например, для кальция известно, что он связывается только с ячейками, содержащими GG блоки. В целом по альгинату к таким блокам можно отнести 29,4 % от их общего количества. Это соответствует числу заполнения ячеек 0.29, близкое к экспериментальному значению 0.3.

Барий также связывается не со всеми блоками альгината. В силу того, что по литературным данным более предпочтительными являются его взаимодействия с GG и MM блоками, часть блоков остаются несвязанными катионами бария. В качестве наиболее вероятных структур, содержащих Ba^{2+} , могут быть выбраны GG–GG, GG–MM, MM–MM и, возможно, GM–MM. Суммарная вероятность заполнения структур, равная $385/625 \approx 61.6\%$, позволяет определить число заполнения ячеек, как 0.62, что достаточно близко к полученному в эксперименте значению 0.6.

Таким образом, разработанный подход к изучению данных элементного анализа позволяет сделать выводы о структурных особенностях зон связывания, в частности, уточнить информацию о наиболее предпочтительных для связывания с данными катионами видах «egg-box» ячеек и предположить характер связывания альгинатных димеров в этих зонах.

Источники

1. Makarova A.O., Derkach S.R., Kadyirov A.I., Ziganshina S.A., Kazantseva M.A., Zueva O.S., Gubaidullin A.T., Zuev Y.F. Supramolecular Structure and Mechanical Performance of κ -Carrageenan–Gelatin Gel // *Polymers*. 2022. V. 14(20). P. 4347.
2. Makshakova O.N., Bogdanova L.R., Makarova A.O., Kusova A.M., Ermakova E.A., Kazantseva M.A., Zuev Y.F. κ -Carrageenan Hydrogel as a Matrix for Therapeutic Enzyme Immobilization // *Polymers*. 2022. V. 14(19). P. 4071.
3. Макарова А.О., Зуева О.С. Богданова Л.Р. и др. Биотехнологические приемы использования полисахаридных гидрогелей для доставки витаминов и диагностических маркеров // *Бутлеровские сообщения*. 2021. Т. 10. С. 147–155.
4. Kong C., Zhao X., Li Y., Yang S., Chen Y.M., Yang Z. Ion-Induced Synthesis of Alginate Fibroid Hydrogel for Heavy Metal Ions Removal // *Frontiers in Chemistry*. 2020. V. 7. P. 905.
5. Agulhon P., Markova V., Robitzer M., Quignard F., Mineva T. Structure of Alginate Gels: Interaction of Diuronate Units with Divalent Cations from Density Functional Calculations // *Biomacromolecules*. 2012. V. 13(6). P. 1899–1907.

УДК 539.143.4

ОСОБЕННОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ДИАГРАММЫ В АМОРФНОЙ ФАЗЕ АУРИПИГМЕНТА As_2S_3

Д.С. Китанин¹, Е.Д. Малаева²

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доцент А.И. Погорельцев

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

¹zak7235@mail.ru, ²malaeBa_@Ba01@mail.ru

В настоящей работе представлены результаты построения энергетической диаграммы аморфной фазы аурипигмента. Были выявлены явные отличия в энергетических диаграммах для кристаллической и аморфной фаз: величина щели LUMO – НОМО для аморфного состояния больше, что может связано с наличием

третьего состояния. Расчеты проводились с опорой на экспериментально определенные квадрупольные параметры. Проведено обсуждение полученных результатов.

Ключевые слова: аурипигмент, халькогенидные полупроводники, кристаллическая фаза, аморфная фаза, градиент электрического поля (ГЭП), ядерный квадрупольный резонанс (ЯКР), квадрупольные параметры, неэквивалентные положения ядер, энергетическая диаграмма, щель LUMO – HOMO, частота резонанса, спектр.

FEATURES OF THE ENERGY DIAGRAM IN THE AMORPHOUS PHASE OF THE As_2S_3 AURIPIGMENT

D.S. Kitanin¹, E.D. Malaeva²

^{1,2} KSPEU, Kazan, Russia

¹zak7235@mail.ru, ² mala@Ba_@Ba01@mail.ru

This paper presents the results of constructing an energy diagram of the amorphous phase of an auripigment. There were obvious differences in the energy diagrams for the crystalline and amorphous phases: the LUMO – HOMO gap for the amorphous state is larger, which may be due to the presence of a third state. Calculations were carried out based on experimentally determined quadrupole parameters. The results were discussed.

Keywords: auripigment, chalcogenide semiconductors, crystalline phase, amorphous phase, electric field gradient (GAP), nuclear quadrupole resonance (NQR), quadrupole parameters, nonequivalent positions of nuclei, energy diagram, LUMO – HOMO gap, resonance frequency, spectrum.

Халькогенидные стеклообразные полупроводники, к которым относится аурипигмент (orpiment) As_2S_3 широко применяются в современных технологиях - при изготовлении солнечных батарей, оптических устройств памяти и т.п.

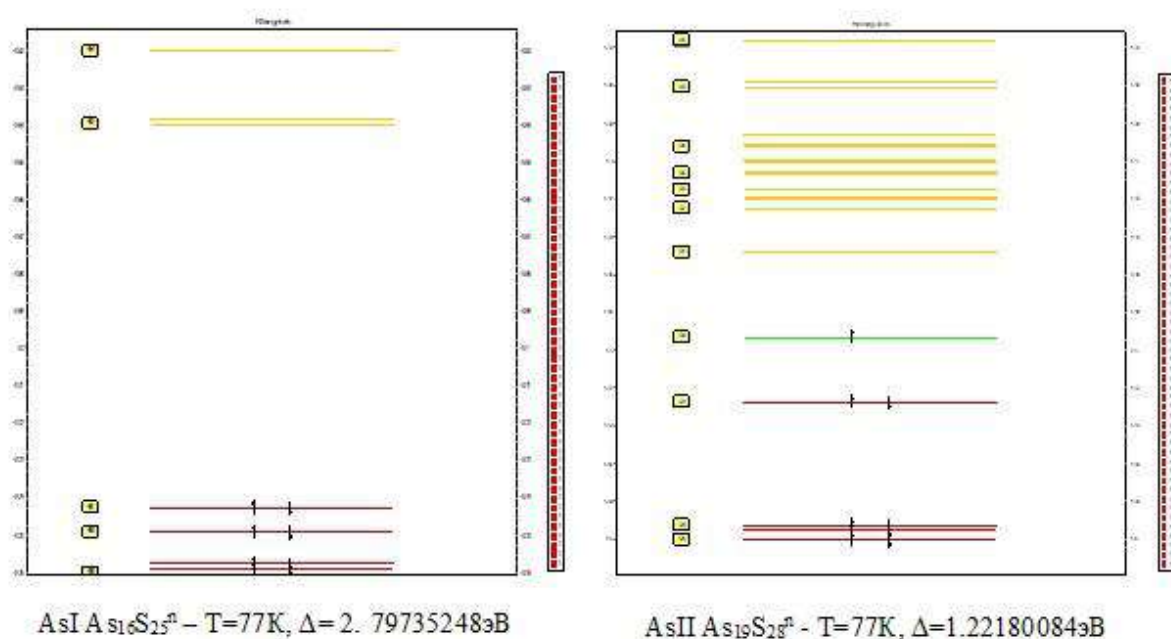
Аурипигмент As_2S_3 легко получается искусственным путем сплавления стехиометрических количеств As и S, однако полученный продукт является аморфным соединением и обладает свойством стекла. Образцы естественного происхождения наоборот, как правило, имеют кристаллическую структуру. Кристаллы аурипигмента имеют моноклинную ячейку (пространственная группа P21/n) с параметрами $a = 11.46$, $b = 9.57$, $c = 4.22 \text{ \AA}$ $\beta = 90.5^\circ$ [1].

В работе [1] были представлены результаты ЯКР исследования аморфной фазы аурипигмента. Здесь в отличие от кристаллического состояния [2] наблюдается одна широкая линия в диапазоне частот 65 –

80МГц с уширением в область высоких частот. Мы выполнили аппроксимацию спектра из работы [1] тремя линиями гауссовой формы. Было обнаружено третье состояние на частоте $\nu_3=77.8\text{МГц}$, которое можно отнести к аморфному состоянию.

Мы провели исследование энергетических диаграмм в аморфной фазе аурипигмента на кластерах AsI $\text{As}_{16}\text{S}_{25}^{\text{n}}$ и AsII $\text{As}_{19}\text{S}_{28}^{\text{n}}$. Анализ величины щели LUMO – HOMO приводит к следующим результатам (см. рисунок): кластер AsI $\text{As}_{16}\text{S}_{25}^{\text{n}}$ – $T=77\text{K}$, $\Delta E = 2.79735248\text{эВ}$; кластер AsII $\text{As}_{19}\text{S}_{28}^{\text{n}}$ – $T=77\text{K}$, $\Delta E = 1.22180084\text{эВ}$. В качестве примера на рисунке приведены энергетические диаграммы для кластеров AsI $\text{As}_{16}\text{S}_{25}^{\text{n}}$ и AsII $\text{As}_{19}\text{S}_{28}^{\text{n}}$.

Согласно работам [3,4] величина оптической энергетической щели в аурипигменте, находящемся в кристаллическом состоянии составляет $\Delta E = 2,53\text{эВ}$. В работе [5] представлены результаты исследования аморфных пленок аурипигмента. Рассчитанная оптическая ширина запрещенной зоны, равна $2,18\text{эВ}$ для As₂S₃.



Энергетические диаграммы в аморфной фазе аурипигмента

В связи с этим, полученные нами значения ширины запрещенной зоны вполне коррелируют с литературными данными, особенно для кластера AsI $\text{As}_{16}\text{S}_{25}^{\text{n}}$ (щель LUMO – HOMO как правило больше по сравнению с реальными значениями). Что касается кластера AsII $\text{As}_{19}\text{S}_{28}^{\text{n}}$, то здесь по-видимому нужна корректировка параметров кластера. В

настоящее время в данном направлении нами проводятся соответствующие исследования.

Источники

1. P. Craig Taylor. NQR in Amorphous Semiconductors. Zeitschrift fur Naturforschung, 1996, 51a, с. 603-610
2. И. Н. Пеньков, И. А. Сафин, Ядерный квадрупольный резонанс в аурипигменте, Доклад АН СССР, 1964, том 156, номер 1, 139–141
3. Булах А.Г. Минералогия: учебник для студ. Учреждений высш. проф. образования / М. Издательский центр «Академия», 2011.
4. Д.Ю. Пушаровский. Структура и свойства кристаллов М.: ГЕОС, 2022
5. Нгуен Тхи Ханг, Козик В.В., Козюхин С.А. Аморфные тонкие пленки $As_2x_3(X=S, Se)$, полученные методом спин-коатинга раствора // Аморфные и микрокристаллические полупроводники сборник трудов международной конференции, 2018 Санкт-Петербург

УДК 524.882

ВЛИЯНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ХОКИНГА НА КОСМОС.

Е.О. Ефимов¹, К.Р. Медведев²

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

¹egorefimov189@gmail.com, ²kirkmevded228@gmail.com

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доцент А.И. Погорельцев

Излучение Хокинга — уникальное явление в физике, возникающее на горизонте событий черной дыры. Впервые он был предложен Стивеном Хокингом в 1974 году и с тех пор стал предметом интенсивных исследований и дискуссий. Явление основано на концепции квантовой механики и общей теории относительности и является важным шагом на пути к объединению этих двух теорий.

Ключевые слова: Хокинг, черная дыра, космос, квантовая механика.

INFLUENCE OF HAWKING RADIATION ON SPACE.

E.O. Efimov¹, K.R. Medvedev²

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

¹egorefimov189@gmail.com, ²kirkmevded228@gmail.com

Hawking radiation is a unique phenomenon in physics that occurs at the event horizon of a black hole. It was first proposed by Stephen Hawking in 1974 and has been the subject of intense research and debate ever since. The phenomenon is based on the concept of quantum mechanics and the general theory of relativity and is an important step towards the unification of these two theories.

Keywords: Hawking, black hole, space, quantum mechanics.

Черные дыры являются одними из самых загадочных объектов во Вселенной. Для них характерно гравитационное притяжение, настолько сильное, что от них не может ускользнуть даже свет. Идея черных дыр была впервые предложена Джоном Митчеллом в 1783 году, но только в начале 20 века эта концепция получила широкое признание. Сегодня черные дыры считаются важным компонентом Вселенной, и их изучение привело ко многим важным открытиям в астрофизике и космологии.

Одним из самых замечательных предсказаний черных дыр является явление излучения Хокинга. В этой статье мы рассмотрим принципы этого явления, его последствия и важность для нашего понимания Вселенной.

Концепция излучения Хокинга основана на принципах квантовой механики и общей теории относительности. Согласно квантовой механике, космическое пространство не совсем пусто, а заполнено виртуальными частицами, которые постоянно появляются и исчезают. Эти виртуальные частицы представляют собой пары частиц и античастиц, которые существуют в течение короткого времени, прежде чем аннигилируют друг друга. [1]

С другой стороны, концепция общей теории относительности описывает, как ткань пространства и времени искажается массивными объектами. Черные дыры — это объекты с такими сильными гравитационными полями, что они настолько искривляют ткань пространства и времени, что даже свет не может избежать их притяжения. Граница, за которую ничто не может выйти, называется горизонтом событий. [2]

Излучение Хокинга основано на принципах квантовой механики и общей теории относительности, где пары виртуальных частиц постоянно создаются и уничтожаются на горизонте событий черной дыры. Одна частица из пары падает в черную дыру, а другая вылетает, становясь реальной, и ее энергия исходит от массы черной дыры. Масса черной дыры уменьшается за счет энергии вылетающей частицы, в результате чего черная дыра постепенно теряет массу и испаряется. [3]

Формула Бекенштейна — Хокинга описывает энтропию черной дыры:

$$S_{BH} = \frac{kc^3}{4hG} A$$

где S_{BH} — энтропия чёрной дыры (Дж/К), A — площадь горизонта событий черной дыры (м^2); k — постоянная Больцмана (Дж/К), c — скорость света (м/с), h — приведенная постоянная Планка (Дж·с), G — гравитационная постоянная ($\text{Н} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$).

Формула Бекенштейна — Хокинга была предложена в 1971 году Джейкобом Бекенштейном и впоследствии переформулирована вместе со Стивеном Хокингом в 1974 году. Этой формулой Хокинг и Бекенштейн показали, что энтропия черной дыры пропорциональна площади ее горизонта событий.

Излучение Хокинга имеет большое значение для нашего понимания Вселенной. Оно обеспечивает механизм потери массы черными дырами и их испарения, что ранее считалось невозможным. Эта концепция также имеет важные последствия для объединения квантовой механики и общей теории относительности, поскольку она показывает, что две теории могут быть согласованы в экстремальных условиях.

Явление излучения Хокинга также имеет значение для информационного парадокса черных дыр. Согласно классической физике информация всегда сохраняется и не может быть уничтожена. Однако процесс испарения черной дыры, по-видимому, нарушает этот закон, поскольку информация, содержащаяся внутри черной дыры, будет потеряна навсегда. Эта проблема известна как информационный парадокс и до сих пор остается открытым вопросом в физике. [4]

Вывод: излучение Хокинга — увлекательное явление, имеющее большое значение для нашего понимания Вселенной. Оно обеспечивает механизм потери массы черными дырами и их испарения, что ранее считалось невозможным. Явление излучения Хокинга все еще является активной областью исследований, и дальнейшие исследования могут дать представление об информационном парадоксе черных дыр и природе Вселенной.

Источники

1. S. W. Hawking // A Brief History of Time // Bantam Books, 1988.

2. Brout R., Massar S., Parentani R., Spindel Ph. // A primer for black hole quantum physics // Physics Reports.1995 — Vol. 260 — P. 329-446.

3. S. W. Hawking // Particle Creation by Black Holes // Comm. Math. Phys. 1975. №43. С. 199-220.

4. S. W. Hawking // Information loss in black holes // Phys.Rev. D72: 084013, 2005

УДК 621-313.3

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ РАЗРЯДЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА ПРИ АТМОСФЕРНОМ ДАВЛЕНИИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛОВ

А.Р. Мухаметзянов¹, Р.И. Валиев², М.Н. Семенов³

Науч. рук. д-р. техн. наук, профессор А.Ф. Гайсин

^{1,3}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

²Набережночелнинский институт (филиал) КФУ, г. Набережные Челны, Россия

¹aydar-999@mail.ru, ²rivaliev87@mail.ru, ³maxim.snt@inbox.ru

В статье описана экспериментальная установка для получения низкотемпературной плазмы в газожидкостной среде с целью очистки поверхности металлов за счет хаотического проявления разрядов различной геометрической формы. Определены электрические параметры разряда и показаны результаты экспериментов по снятию коррозии с опытных деталей.

Ключевые слова: электрический разряд, низкотемпературная плазма, экспериментальная установка, очистка поверхности.

ELECTRICAL DISCHARGES OF ALTERNATING AND DIRECT CURRENT AT ATMOSPHERIC PRESSURE FOR CLEANING THE SURFACE OF METALS

A.R. Mukhametzyanov¹, R.I. Valiev², M.N. Semenov³

^{1,3}KSPEU, Kazan, Russia

² Kazan Federal University - Naberezhnye Chelny Institute, Naberezhnye Chelny, Russia

¹aydar-999@mail.ru, ²rivaliev87@mail.ru, ³maxim.snt@inbox.ru

The article describes an experimental setup for producing low-temperature plasma in a gas-liquid medium in order to clean the surface of metals due to the chaotic manifestation of

discharges of various geometric shapes. The electrical parameters of the discharge are determined and the results of experiments on removing corrosion from experimental parts are shown.

Keywords: electric discharge, low-temperature plasma, experimental installation, surface cleaning.

Коррозия является одной из основных проблем возникающих при эксплуатации металлических изделий. Тяжелые условия эксплуатации способствуют скорому развитию ржавчины и уменьшают срок эксплуатации компонентов. Существующие способы очистки в ряде случаев оказываются малоэффективными в связи с чем остается актуальной проблема по очистке изделий для увеличения их срока службы.

В рамках научно-исследовательской работы была разработана экспериментальная установка для получения электрического разряда постоянного тока схема и внешний вид которой представлены на рис.1 и рис.2 соответственно. Экспериментальная установка для получения низкотемпературной плазмы в газожидкостной среде состоит из разрядной камеры, включающей в себя два цилиндрических сосуда 1 и 2, соединенных между собой диэлектрической трубкой 3, из источника питания постоянного тока 4, универсального аналого-цифрового преобразователя Sensor-CASSY 5 и компьютера 6. [1] В верхние открытые части сосудов погружены медные проволоки 7 для подачи потенциала. Диаметр сосудов, трубки и проволоки подбираются исходя из размеров очищаемых деталей. При проведении данных экспериментов были очищены небольшие детали, поэтому диаметр трубки составлял 10 мм, а диаметр электродов 1,5 мм.

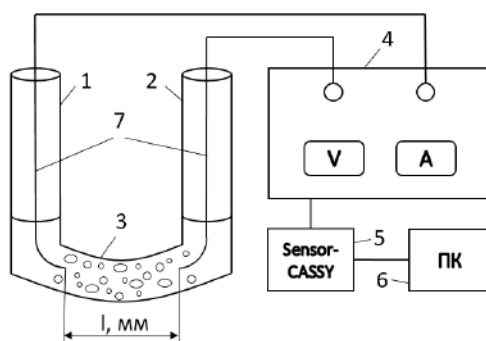


Рис. 1. Схема экспериментальной установки



Рис. 2. Внешний вид экспериментальной установки

Для очистки поверхности металлических изделий, опытные образцы помещались в разрядную камеру с газожидкостной средой. Расстояние между электродами устанавливалось на величину 100 мм. При воздействии электрическим разрядом на постоянном токе устанавливалось напряжение 20-1000 В и ток разряда 0,4-3 А. В качестве электролита были использованы растворы соли NaCl с концентрацией от 1% до насыщения раствора. Было установлено, что экспериментальная установка позволяет произвести очистку поверхности изделий от коррозии (см. рис. 3).



а)



б)

Рис. 3. а) до очистки б) после очистки

Разработана экспериментальная установка для исследования разрядов переменного и постоянного тока в газожидкостной среде в широком диапазоне параметров для очистки поверхности металлических изделий.

Проведены экспериментальные исследования, в результате которых установлен механизм очистки поверхности металлических изделий за счет хаотического проявления разрядов различной геометрической формы.

Научная новизна заключается в способе получения низкотемпературной плазмы для очистки поверхности металлов.

Личный вклад заключается в участии в разработке экспериментальной установки и определении оптимальных электрических параметров для наиболее эффективной очистки поверхности изделий.

Источники

1. Валиев Р.И., Хафизов А.А., Багаутдинова Л.Н., Гайсин Ф.М., Басыров Р.Ш., Гайсин Аз.Ф., Гайсин Ал.Ф. Электрические разряды переменного тока в газожидкостной среде раствора хлорида натрия при атмосферном давлении // ТЕПЛОФИЗИКА ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР. Том 59, номер 4, 2021 г, стр. 634-637

УДК 621-313.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРУКТУР $\text{In}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{As}$ ЛЕГИРОВАННЫХ КРЕМНИЕМ (SI)

Н.Д. Платонов¹, В.Л. Матухин², А.Ф. Иванов³

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

¹nickiplatonov@gmail.com, ²matukhinvl@mail.ru, ³ivanovaleksandr@yandex.ru

Арсенид галлия (GaAs) является одним из базовых и перспективных материалов микроэлектроники, в частности для фотоэнергетики. Арсенид галлия имеет достаточно большую ширину запрещенной зоны, высокую подвижность электронов, благоприятные особенности зонной структуры, обуславливающие возможность прямых межзонных переходов [1]. Наноструктурированный арсенид галлия (GaAs) является одним из основных полупроводниковых материалов, применяемых в составе многокаскадного фотоэлектрического преобразователя (ФЭП) космического назначения с гетероструктурой типа InGaP/InGaAs/Ge. К числу наиболее важных свойств GaAs относится также широкий диапазон изменения параметров при легировании различными примесями [2]. Как известно, легирование полупроводниковых структур проводят с целью изменения его физических свойств

(электрических, магнитных, оптических, механических) [3]. В частности, легирование слоев ФЭП на основе GaAs проводят с целью изменения электропроводности, типа проводимости и изменения ширины запрещенной зоны E_g . Для получения монокристаллов n-типа проводимости с заданной концентрацией носителей заряда используют легирование электрически активными примесями (донорными или акцепторными). Основными легирующими примесями при получении монокристаллов n-типа являются S, Se, Te, Si, Sn [4]. Целью данной работы является исследование основных электрофизических характеристик эпитаксиальных структур на основе $\text{In}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{As:Si}$ в зависимости от уровня легирования. Научная новизна исследования заключается в поиске оптимальных структур на основе $\text{In}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{As:Si}$ выращенных методом МОСГФЭ в реакторе вертикального типа, т.е. в поиске структур с наиболее высокими электрофизическими свойствами, способных увеличить энергоэффективность всего ФЭП космического назначения.

Ключевые слова: фотоэлектрический преобразователь (ФЭП), полупроводниковые эпитаксиальные слои (ЭП), концентрация основных носителей заряда (ОНЗ), уровень легирования, подвижность основных носителей заряда, ширина запрещенной зоны (ШЗЗ).

INVESTIGATION OF ELECTROPHYSICAL CHARACTERISTICS OF $\text{In}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{As}$ STRUCTURES DOPED

N.D. Platonov¹, V.L. Matukhin², A.F. Ivanov³

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

¹nickiplatonov@gmail.com, ²matukhinvl@mail.ru, ³ivanovaleksandr@yandex.ru

Gallium arsenide (GaAs) is one of the basic and promising materials for microelectronics, in particular for photoenergetics. Gallium arsenide has a rather large band gap, high electron mobility, and favorable features of the band structure, which determine the possibility of direct interband transitions [1]. Nanostructured gallium arsenide (GaAs) is one of the main semiconductor materials used as part of a multistage photovoltaic converter (PVC) for space purposes with an InGaP/InGaAs/Ge heterostructure. The most important properties of GaAs also include a wide range of parameter changes upon doping with various impurities [2]. As it known, doping of semiconductor structures is carried out in order to change its physical properties (electrical, magnetic, optical, mechanical) [3]. In particular, the doping of GaAs is carried out in order to change the electrical conductivity, the type of conductivity, and to change the band gap E_g . To obtain single crystals of n-type conductivity with a given concentration of charge carriers, doping with electrically active impurities (donor or acceptor) is used. The main dopants in the preparation of n-type single crystals are S, Se, Te, Si, and Sn [4]. The purpose of this work is to study the main electrical

characteristics of epitaxial structures based on $\text{In}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{As}:\text{Si}$ depending on the doping level. The scientific novelty of the study lies in the search for optimal structures based on $\text{In}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{As}:\text{Si}$ grown by the MOCVD method in a vertical type reactor, i.e. in the search for structures with the highest electrophysical parameters that can subsequently increase the energy efficiency of the entire solar cell for space purposes.

Keywords: photovoltaic converter (PEC), semiconductor epitaxial layers (EPL), majority charge carrier concentration (MCC), doping level, majority charge carrier mobility, band gap (BGB).

Методом газофазовой эпитаксии из металлоорганических и гидридных соединений (МОСГЭ) в вертикальном реакторе промышленного типа Veeco с вращающимся подложконосителем на 13 подложек и распределенным впрыском реагентов в АО «НПП «Квант» были изготовлены 3 серии образцов на GaAs подложке – S1, S2, S3 с различным уровнем легирования Si (по 2 пластины каждого вида, диаметром 100 мм). Экспериментальные образцы представляли собой следующую структуру: верхний слой из исследуемого материала ($\text{In}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{As}$) толщиной $\sim 1,3$ мкм с n-типом проводимости и номинальными уровнями легирования $1 \cdot 10^{18} \div 7 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$, подслоем из AlAs толщиной $\sim 0,05$ мкм, выращенный на полуизолирующей монокристаллической подложке арсенида галлия (100) толщиной 600 мкм (с целью различия исследуемого слоя и подложки), диаметром 100 мм, разориентированных на 2° в направлении $\langle 110 \rangle$ при следующих условиях: температура роста 640°C , отношение концентраций прекурсоров компонентов в газовой фазе $\text{V} / \text{III} \sim 9$. Исследование электрофизических параметров (тип проводимости, концентрация ОНЗ, подвижность ОНЗ) проводилось на установке Холла HL55PC (метод Ван-дер-Пау) и установке ФЛ RPM 2000 в АО «НПП «КВАНТ» (г. Москва).

В результате были измерены следующие электрофизические параметры: тип проводимости, концентрация ОНЗ, подвижность ОНЗ (все на установке Холла) и ШЗЗ (на установке ФЛ). На основе полученных результатов были построены зависимости основных параметров от уровня легирования. Результаты приведены на рис. 1 – 3 ниже.

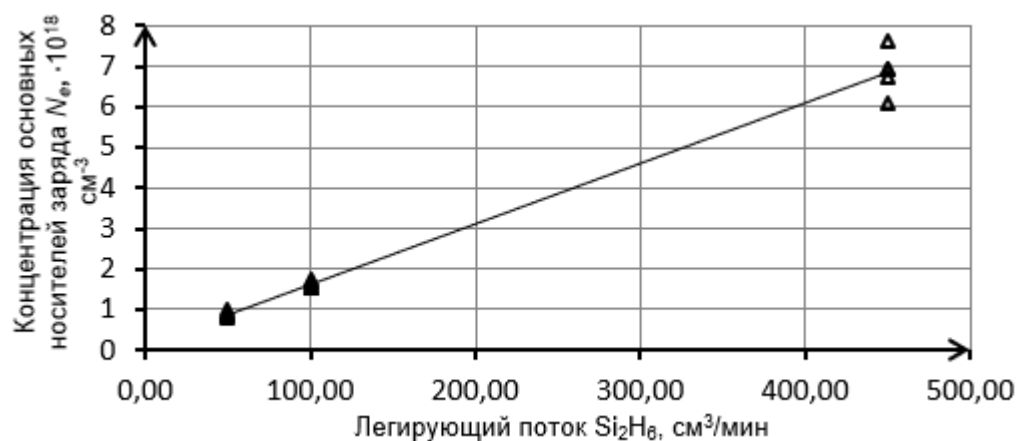


Рис.1. Зависимость концентрации ОНЗ от потока дисилана в газовой фазе

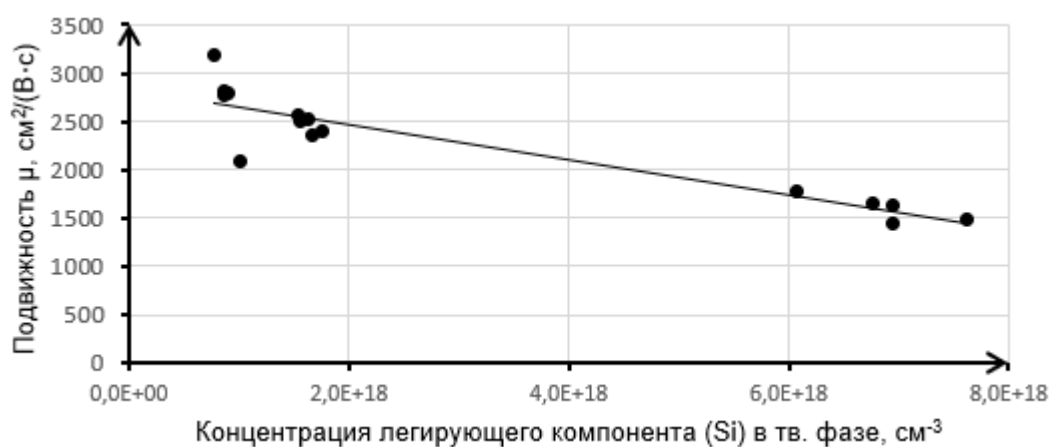
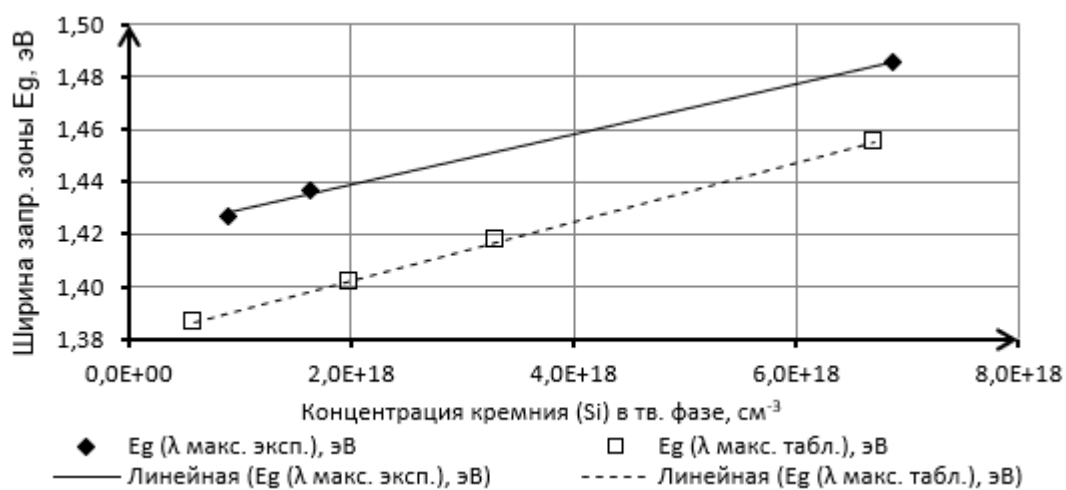


Рис.2. Зависимость подвижности ОНЗ от концентрации лег. примеси в твердой фазе



Сплошная линия – экспериментальные данные для $\text{In}_{0,01}\text{Ga}_{0,99}\text{As}:\text{Si}$, пунктирная линия – литературные данные для GaAs [5]

Рис.3. Зависимость ШЗЗ от концентрации легирующего компонента

Методом Ван-дер-Пау определен тип проводимости в образцах $\text{In}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{As}$ S1-S3, легированных кремнием (Si): n-тип проводимости;

Установлено, что при увеличении потока легирующего компонента в газовой фазе линейно увеличивается и концентрация ОНЗ в твердой фазе (рис. 1).

Выявлено, что при росте концентрации легирующего компонента в твердой и газовой фазах происходит линейное уменьшение подвижности ОНЗ (рис. 2), что может быть связано с возникновением дефектов в кристаллической структуре: ростом числа вакансий, примесей, а также ростом плотности дислокаций.

Определена ширина запрещенной зоны структур $\text{In}_{0.01}\text{Ga}_{0.99}\text{As}:\text{Si}$, а также получена зависимость ШЗЗ от концентрации легирующей примеси: с ростом концентрации легирующего компонента происходит линейное увеличение ширины запрещенной зоны (рис. 3), что согласуется с литературными данными [5] для GaAs.

Оптимальным уровнем легирования структуры GaAs для кремния является концентрация – $2,0 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$. При данной концентрации сохраняется высокая подвижность ОНЗ, при повышенной концентрации ОНЗ в структуре, а также уровень ШЗЗ оказывается больше (1,444 эВ) чем у чистого GaAs (1,424 эВ).

Источники

1. В.А. Гольдаде. Бинарные полупроводниковые соединения. Гомельский государственный университет имени Ф.Скорины. - Гомель, 2015. - 1 с.

2. С.С. Хлудков, О.П. Толбанов, М.Д. Вилисова, И.А. Прудаев. Полупроводниковые приборы на основе арсенида галлия с глубокими примесными центрами / под ред. О.П. Толбанова. – Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2016. – 16 с.

3. С.С. Хлудков, О.П. Толбанов, М.Д. Вилисова, И.А. Прудаев. Полупроводниковые приборы на основе арсенида галлия с глубокими примесными центрами / под ред. О.П. Толбанова. – Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2016. – 16 с.

4. В.А. Гольдаде. Бинарные полупроводниковые соединения. Гомельский государственный университет имени Ф.Скорины. - Гомель, 2015. - 5 с.

5. Levinshtein M., Rumyantsev S., Shur M. Handbook series on semiconductor parameters. – Rensselaer Polytechnic Institute: World Scientific Publishing Co. Ptc. Ltd, 1996.

ЭЛЕКТРОЛИТНО-ПЛАЗМЕННАЯ СВАРКА АЛЮМИНИЯ И ЕГО СПЛАВОВ В НЕИНЕРТНОЙ СРЕДЕ

М.Н. Семенов¹, А.Р. Мухаметзянов², Д.Ф. Ахунов³

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. А.Ф. Гайсин

^{1,2,3}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

Работа посвящена исследованию процесса электролитно-плазменной сварки дюралюминия в среде неинертных газов. Сварка происходит в диэлектрической среде NaCl с разной концентрацией раствора и разным погружением свариваемых деталей в электролит. Оценивается наилучший режим сварки с определением параметров технологической установки для сварки и концентрации раствора, при котором получается качественный сварной шов. Эксперименты производились в лаборатории Казанского энергетического университета.

Ключевые слова: электролит, плазма, сварка, алюминий, дюралюминий, неинертная среда.

INVESTIGATION OF ELECTROLYTIC PLASMA WELDING OF ALUMINUM AND ITS ALLOYS IN A NON-INERT ENVIRONMENT

M.N. Semenov¹, A.R. Mukhametzhanov², D.F. Akhunov³

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

¹maxim.snt@inbox.ru, ²aydar-999@mail.ru, ³89274478153@mail.ru

The work is devoted to the study of the process of electrolyte-plasma welding of duralumin in an inert gas environment. Welding takes place in a NaCl dielectric medium with different concentrations of solution, with different immersion of the parts to be welded into the electrolyte. The best welding mode is evaluated with the determination of the parameters of the technological installation for welding and the concentration of the solution at which a high-quality weld is obtained. The experiments were carried out in the laboratory of Kazan State Power Engineering University

Keywords: electrolyte, plasma, welding, aluminum, duralumin, non-inert medium.

Сварка является одной из важнейших технологических процессов, охватывающий огромное количество сфер жизни человека, до 2/3

стального проката в России идет на сварные конструкции. За историю развития этого искусства было придумано множество видов сварки, начиная от кузнечной сварки, которую использовали многие века, заканчивая новыми видами, как гибридная лазерная сварка, совмещающая в себе лазерную и дуговую сварки [1].

Сварка дюралюминия является сложной задачей, требующей соблюдения определенных условий. Это связано с появлением оксидной пленки на поверхности металла, которая имеет высокую прочность и приводит к некачественному провару, если не принять меры по очищению от оксидной пленки. При дуговой сварке используют поток инертного газа, обычно аргон, который не позволяет появиться оксидной пленке. В авиастроении дюралюминий скрепляют с помощью заклепки, потому что существующие виды сварки не создают достаточно качественный сварной шов [2].

Испытания сварки дюралюминия были произведены по методу электролитно-плазменной сварки в неинертной среде [3]. Была собрана технологическая установка в лаборатории Казанского государственного энергетического университета (рис. 1).



Рис. 1. Технологическая установка для сварки

По рисунку 1 видно, что установка состоит из двух частей: слева на рисунке показан пластиковый контейнер, в котором находится электролит (раствор NaCl), в котором происходит сама сварка, справа – устройство, которое вырабатывает напряжение для сварки. Одним контактом подключаем свариваемые детали и погружаем в раствор электролиту на

глубину, которую надо сварить, а вторым – прикрепляем пластину нержавеющей стали и погружаем на дно контейнера.

Ток сварки и качество сварного шва зависит от концентрации раствора и подаваемого напряжения. При увеличении концентрации раствора процесс сварки сопровождается сильной дугой и разбрызгиванием воды. В итоге получается качественный сварной шов (рис.2).



Рис. 2. Сварка деталей дюралюминия

На рисунке 2 показан результат сварки двух тонких пластин дюралюминия. Сварка производилась на конце этих пластин. Данные эксперименты показывают возможность сварки листов дюралюминия в неинертной среде. Для определения требуемых показателей планируется продолжить эксперименты с листами дюралюминия разной толщины и размера.

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. Алюминий-литиевый сплав для сварных авиационных конструкций / И.Н. Фридляндер, А.Г. Братухин, В.Г. Давыдов // Автоматическая сварка. – 1992. – №6

3. 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.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТВЕРДООКСИДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВОДОРОДА И ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

А.Р. Хамитов

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Р.Н. Закиров

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

ataz-azat@mail.ru

В статье рассмотрено использование твердооксидных топливных элементов и технологии реверсивных твердооксидных топливных элементов для производства водорода и электроэнергии. Твердооксидные топливные элементы имеют множество применений в производстве электроэнергии: от портативных устройств до больших электростанций с базовой нагрузкой 500 МВт. Твердооксидный электролизер работает в регенеративном режиме и осуществляет электролиз для получения водорода из пара.

Ключевые слова: твердооксидный топливный элемент, твердооксидный электролизер, обратимый твердооксидный топливный элемент, водород, производство электроэнергии.

THE USE OF SOLID OXIDE FUEL CELLS FOR HYDROGEN AND ELECTRICITY PRODUCTION

A.R. Hamitov

KSPEU, Kazan, Russia

ataz-azat@mail.ru

The article considers the use of solid oxide fuel cells and the technology of reversible solid oxide fuel cells for the production of hydrogen and electricity. Solid oxide fuel cells have many applications in power generation, from portable devices to large power plants with a base load of 500 MW. The solid oxide electrolyzer operates in a regenerative mode and performs electrolysis to produce hydrogen from steam.

Keywords: solid oxide fuel cell, solid oxide electrolysis cell, reversible solid oxide fuel cell, hydrogen, power generation.

Важной особенностью твердооксидных топливных элементов является чистая и эффективная выработка электроэнергии с использованием различных видов топлива. Твердотельная конструкция и

высокая рабочая температура дают технологии твердооксидных топливных элементов ряд преимуществ: гибкость в конструкциях ячеек, несколько вариантов изготовления ячеек, возможность работы на нескольких видах топлива [4].

Твердооксидный топливный элемент является реверсивным и может работать сразу в двух режимах: электрогенерационном и электролизном. В режиме выработки твердооксидный топливный элемент вырабатывает электроэнергию путем электрохимического комбинирования топлива и окислителя. В электролизном режиме производит водород в ходе электролиза с паром. Твердооксидные топливные элементы могут быть разработаны как для электрогенерационного, так и для электролизного режимов [1]. В этом случае элемент называется обратимым твердооксидным топливным элементом [2].

Потенциальные рынки электроэнергии включают в себя портативный, транспортный и стационарный сектора. Примером портативных технологий, где возможно использование твердооксидных топливных элементов являются зарядные устройства для аккумуляторов с мощностью 500 Вт. На транспортном рынке данную технологию можно использовать для вспомогательных силовых установок для легковых и грузовых автомобилей с мощностью 5-50 кВт. Также возможно использование для вспомогательных силовых установок для самолетов с мощностью 500 кВт. Примерами использования в стационарном секторе являются комбинированное производство тепла и электроэнергии с мощностью от 10 кВт до 1 МВт, распределенная генерация, электростанции с базовой нагрузкой в несколько МВт.

Использование твердооксидного электролизера позволяет производить водород, а также организовать совместную выработку электроэнергии и водорода. Возможно производство водорода с использованием тепла и электроэнергии атомных электростанций для осуществления электролиза пара [3]. С использованием обратимого твердооксидного элемента стало возможным полностью возобновляемое производство электроэнергии и водорода. Источник возобновляемой энергии может использоваться для осуществления процесса электролиза с помощью обратимого твердооксидного топливного элемента [5]. В ходе электролиза будут получены кислород и водород, которые могут использоваться или храниться для последующего производства электроэнергии.

Источники

1. Nguyen.Q. Minh. Solid Oxide Fuel Cells for Power Generation and Hydrogen Production//Journal of the Korean Ceramic Society 2010 Vol. 47, No. 1, pp. 1~7.
2. Nguyen Q. Minh., Mogens B. Mogensen. Reversible Solid Oxide Fuel Cell Technology for Green Fuel and Power Production// The Electrochemical Society Interface 22 55. 2013.
3. C.M. Stoots., J.E. O'Brien., J.S. Herring., K.G. Condie., J.J. Hartvigsen. Proceedings of the 4th International Topical Meeting on High Temperature Reactor Technology HTR2008, September 28-October 1, 2008, Washington, DC, HTR2008-58086 (2008).
4. Филимонова А.А., Власова А.Ю., Камалиева Р.Ф. Методы декарбонизации процесса получения электроэнергии в твердооксидном топливном элементе.// Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022;24(6):72-82.
5. Филимонова А.А., Чичиров А.А., Чичирова Н.Д., Филимонов А.Г., Печенкин А.В. Перспективы развития водородной энергетики в Татарстане.// Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020;22(6):79-91.

УДК 539.143.4

ИЗМЕНЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ВОДОРОДА И ЭЛЕКТРООТРИЦАТЕЛЬНОСТИ В ВОДОРОДНОЙ ВОДЕ С ТЕЧЕНИЕМ ВРЕМЕНИ

М.А. Башмаков¹, А.И. Галимов², Г.Г. Шагиева³

Науч. рук. канд. физ.-мат. наук, доцент А.И. Погорельцев

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

¹marat.bashmakov.2015@mail.ru, ²adel.galimov.001@mail.ru, ³shagieva.gulnaz15@mail.ru

В настоящей работе были проведены исследования изменения электроотрицательности и концентрации водорода в сгенерированной водородной воде в зависимости от времени. Измерения проводились прибором JQ-006, для генерации водорода использовался генератор водородной воды ALTHY.

Ключевые слова: водород, водородная вода, генератор водорода, электроотрицательность, концентрация водорода.

CHANGES IN HYDROGEN CONCENTRATION AND ELECTRONEGATIVITY IN HYDROGEN WATER OVER TIME

M.A. Bashmakov ¹, A.I. Galimov ², G.G. Shagieva ³

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

¹marat.bashmakov.2015@mail.ru, ²adel.galimov.001@mail.ru, ³shagieva.gulnaz15@mail.ru

In this work, studies were carried out on changes in the electronegativity and concentration of generated hydrogen water depending on time. The measurements were carried out by the JQ-006 device, an ALTHY hydrogen water generator was used to generate hydrogen.

Keywords: hydrogen, hydrogen water, hydrogen generator, electronegativity, hydrogen concentration.

В настоящее время в научной литературе возникает все больше информации о лечебном воздействии молекулярного водорода на различные заболевания. Отмечается применение молекулярного водорода при большинстве заболеваний, вызванных оксидативным стрессом – влиянием избыточной доли независимых радикалов либо оксидантов [1-3].

Водородная вода, или питьевая вода, обогащенная терапевтическим молекулярным водородом, считается наиболее комфортным и простым методом насыщения организма водородом. С другой стороны, из результатов исследований было получено, что наибольшее количество водородных связей содержится в катодной воде сразу после ее получения. Однако, поскольку водород является самым легким элементом в окружающей среде, вода незамедлительно начинает терять свои свойства [4]. В 2001 году было обнаружено, что она превращается в обычную воду всего через несколько минут после ее получения. То есть, до того, как человек успеет выпить стакан водородной воды, его атомы объединяются, образуя устойчивые молекулы [5]. Таким образом, в водородной воде отсутствует терапевтический водород.

В настоящей работе были проведены исследования изменения параметров сгенерированной водородной воды с течением времени. Измерения проводились прибором JQ-006, который позволяет измерять до 10 параметров воды. Для генерации водорода использовался генератор водородной воды ALTHY, который способен генерировать водород в пределах 1000 – 4000ppb, и емкость объемом 350ml.

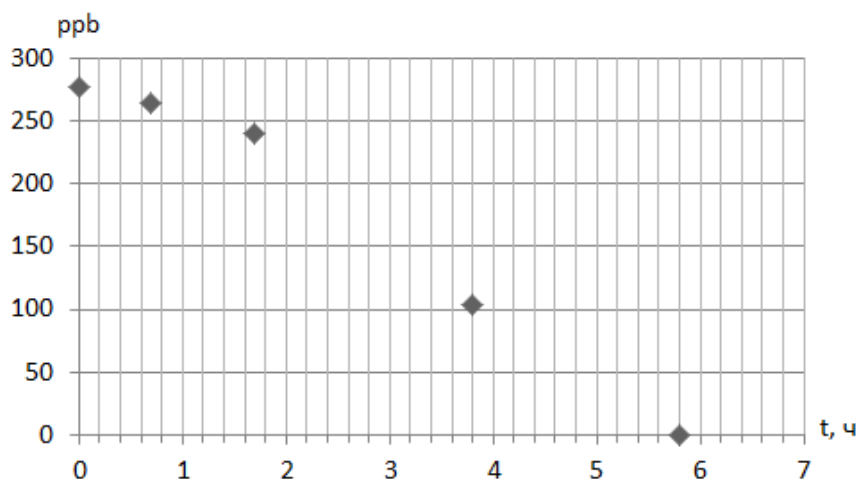


Рис. 1. Зависимость содержания водорода от времени

На рисунке 1 приведена зависимость содержания водорода по времени. По результатам, представленным на графике, можно сделать вывод, что сразу после генерации содержание водорода составляет 277ppb и через 5-6 часов уменьшается до 0ppb.

На рисунке 2 приведена зависимость электроотрицательности раствора по времени выдержки. Электроотрицательность раствора уменьшается в течение 6 часов от - 180mV до - 80mV. Отметим, что электропроводность практически не меняется и остается в пределах 460 – 490 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

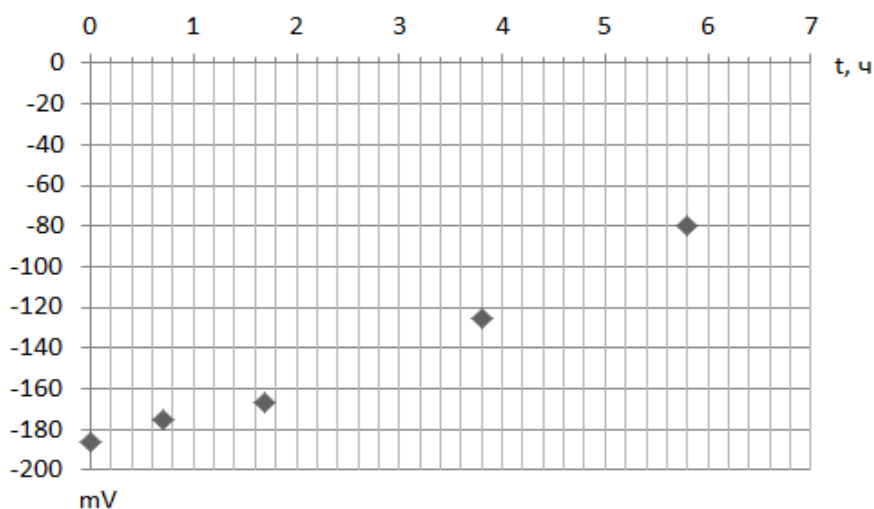


Рис. 2. Зависимость электроотрицательности раствора от времени выдержки

На данный момент проводятся дополнительные уточняющие измерения и обработка результатов экспериментов.

Источники

1. Kurokawa R, Seo T, Sato B, Hirano S, Sato F. Convenient methods for ingestion of molecular hydrogen: drinking, injection, and inhalation. *Med Gas Res.* 2015 Oct 26;5:13

2. Salgo M.G., Stone K., Squadrito G.L., Battista J.R., Pryor W.A. Peroxynitrite causes apoptosis in rat thymocytes // *Biochem. Biophys. Res. Commun.* — 1995. — Vol. 210 (3). — P. 1025—1030

3. Блинов Д.В., Борзенко В.И., Бездудный А.В., Кулешов Н.В. Перспективные металлгидридные технологии хранения и очистки водорода//Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2021. Т.23. № 2. С. 149-160. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.energyret.ru/jour/article/view/1788/729> (дата обращения: 02.03.23).

4. 1. Liu S, Sun X, Tao H. Hydrogen: from a biologically inert gas to a unique antioxidant. In: *Molecular Mechanisms and Biological Effects* (Ed. Volodymyr Lushchak). Rijeka: InTech, 2012

5. Lecture by Dr. Hidemitsu Hayashi, M.D. on Two Kinds of Water: Hydrogen Rich Water or Disease Causing Water. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://hydrogeninmywaterbottle.com/html/lecture.html> (дата обращения: 02.03.2022).

УДК 541.136

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ В КАЧЕСТВЕ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

А.И. Шайдуллин¹, Д.Ф. Ахунов², М. Н. Семенов³

Науч. рук. д-р физ.-мат. наук, профессор О.С. Зуева

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹hunter96_96@mail.ru, ²89274478153@mail.ru, ³maxim.snt@inbox.ru

В статье рассмотрен метод электролитно-плазменной обработки, описаны перспективы применения данного материала в электроосаждении. Представлены отличительные особенности в реакциях электроосаждения с применением ионных жидкостей для различных металлов.

Ключевые слова: ионная жидкость, электролит, электроосаждение.

PROSPECTS FOR USE OF IONIC LIQUIDS AS ELECTROLYTES

A.I. Shaidullin¹, D.F. Akhunov², M.N. Semenov³

^{1,2,3}KSPEU, Kazan, Russia

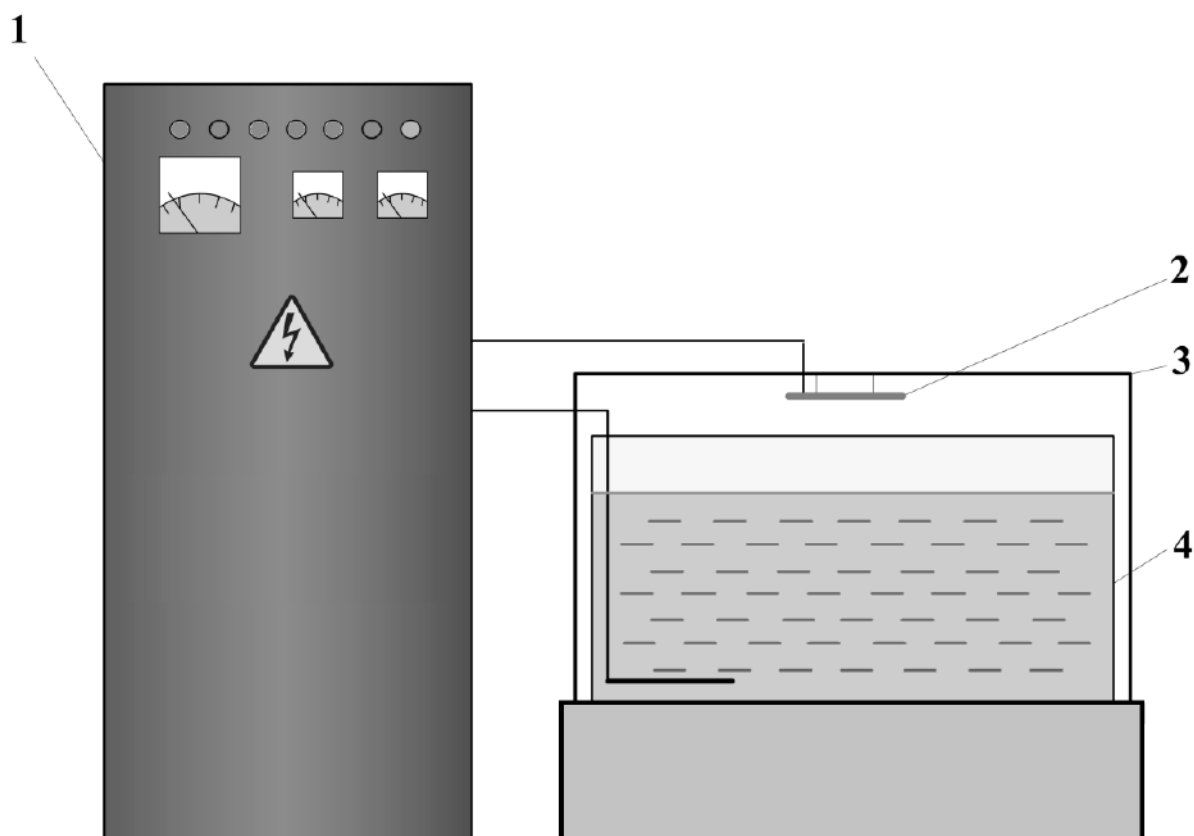
¹hunter96_96@mail.ru, ²89274478153@mail.ru, ³maxim.snt@inbox.ru

The article considers the method of electrolytic-plasma processing, describes the prospects for the use of this material in electrodeposition. Distinguishing features in electrodeposition reactions using ionic liquids for various metals are presented.

Keywords: ionic liquid, electrolyte, electrodeposition.

Принципы, лежащие в основе метода электроосаждения, основаны на первоначальной идее Фарадея об электролизе соли металла для восстановления катиона металла на катоде. Морфологию и свойства покрытий можно легко регулировать либо составом электролитов (например, типом растворов, концентрацией солей металлов и добавок), либо электрохимическими параметрами, включая потенциал осаждения и плотность тока. Однако, обычные водные растворы нельзя использовать в качестве электролитов для осаждения металлов с высоким отрицательным окислительно-восстановительным потенциалом из-за их узких электрохимических окон. Органические растворители летучи и легко воспламеняются, а высокотемпературные расплавы солей обычно вызывают коррозию и требуют электроосаждения при высокой температуре [1].

На протяжении десятилетий, ионные жидкости, также известные как расплавы солей при комнатной или низкой температуре, вызывают значительный и растущий интерес в качестве неводных электролитов для электроосаждения. Как экологически безопасные растворители, ионные жидкости также обладают большим потенциалом в замене традиционных опасных растворителей для удовлетворения растущих экологических требований. Органические растворители летучи и легко воспламеняются, а высокотемпературные расплавы солей обычно вызывают коррозию и требуют электроосаждения при высокой температуре [2].



Схематичное представление установки, где 1 — генератор постоянного тока, 2 — обрабатываемая деталь, 3 — металлическая опора, 4 — электролитическая ячейка

Среди металлов Al, Co, Ni и Zn чаще появляются при электроосаждении с использованием ионных жидкостей, в основном из-за их защитных свойств и быстрого массопереноса в процессе [3]. Кроме того, их предпочитают использовать в качестве основных металлов, в том числе для таких сплавов, как Fe и Cu, поскольку они обеспечивают эффективное совместное осаждение и быстрое зародышеобразование. Еще одним важным применением ионных жидкостей является способность растворять соли или оксиды редкоземельных и благородных металлов, а затем выполнять их электроосаждение. Этот процесс отделяет интересующий металл от сложной смеси, что делает применение ионных жидкостей фундаментальным [4].

Окислительную способность легких металлов (Na, Li и Mg) можно лучше контролировать с помощью ионных жидкостей в каталитических реакциях в батареях, что может способствовать электроадсорбции в менее нестабильных условиях. Таким образом, эти исследования подчеркивают способность ионных жидкостей заменять органические растворители [5].

Учитывая отмеченные выше свойства, можно провести ряд экспериментов в применении ионных жидкостей в качестве электролита при электролитно-плазменной обработке.

Источники

1. Давыдов А. Д., Волгин В. М. Темплатное электроосаждение металлов (обзор) //Электрохимия. – 2016. – Т. 52. – №. 9. – С. 905-933.
2. Kaur G., Kumar H., Singla M. Diverse applications of ionic liquids: A comprehensive review //Journal of Molecular Liquids. – 2022. – С. 118556.
3. Maniam K. K., Paul S. A review on the electrodeposition of aluminum and aluminum alloys in ionic liquids //Coatings. – 2021. – Т. 11. – №. 1. – С. 80.
4. Zhang M. et al. Effects of Additives Containing Cyanopyridine on Electrodeposition of Bright Al Coatings from AlCl₃-EMIC Ionic Liquids //Coatings. – 2021. – Т. 11. – №. 11. – С. 1396.
5. Quijada-Maldonado E. et al. Possibilities and challenges for ionic liquids in hydrometallurgy //Separation and Purification Technology. – 2020. – Т. 251. – С. 117289.

СЕКЦИЯ 5. ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ. ЭЛЕКТРОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ И ЗАРЯДНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

УДК 629.331.5

БУДУЩАЯ СИСТЕМА ПРОТИВОУГОНА АВТОМОБИЛЕЙ

Р.Р. Ахмадиев¹, А.А. Ляпунов², В.Н. Уткина³, А.А. Гарайшин⁴, Ф.И. Акмалов⁵

Науч. рук. старший преподаватель И.С. Антипанова

^{1,2,3,4,5}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹ahmadiev39@gmail.com ²lpnvaleksandr@gmail.com ³2701064216@mail.ru

⁴albert.garaishin@yandex.ru ⁵akmalfan25@gmail.com

В статье рассмотрен принцип работы противоугонной системы с помощью биометрии водителя.

Ключевые слова: программное обеспечение, безопасность, противоугонная система, отпечатки пальцев.

FUTURE ANTI-THEFT SYSTEM FOR CARS

R.R. Akhmadiev¹, A.A. Lyapunov², V.N. Utkina³, A.A. Garaishin⁴, F.I. Akmalov⁵

^{1,2,3,4,5}KSPEU, Kazan, Russia

¹ahmadiev39@gmail.com ²lpnvaleksandr@gmail.com ³2701064216@mail.ru

⁴albert.garaishin@yandex.ru ⁵akmalfan25@gmail.com

This article discusses the principle of operation of the anti-theft system using driver biometrics.

Keywords: software, security, anti-theft system, fingerprints.

В последние годы технология сканирования отпечатков пальцев становится все более популярной в автомобильной промышленности. Эта разработка используется как безопасный и удобный способ отпирания автомобильных дверей и запуска двигателя, а также начинает использоваться для множества других приложений. [1].

Данная технология работает путем захвата изображения отпечатка пальца пользователя, а затем анализа узоров гребней и мелких точек отпечатка пальца для создания уникального шаблона. Далее этот шаблон сравнивается с теми, которые хранятся в системе, чтобы проверить

личность пользователя. Технология надежна и точна, так как она может различать однояйцевых близнецов, а также идентифицировать человека, даже если его палец был покрыт шрамами или изменился из-за возраста. [2].

Технология сканирования (рис. 1) отпечатков пальцев имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными автомобильными ключами и системами удаленного доступа без ключа. Это более безопасно, так как практически невозможно скопировать чей-то уникальный отпечаток пальца. Это также более удобно, так как пользователям больше не нужно носить с собой или запоминать физический ключ или код. Кроме того, он быстрее и точнее, чем другие методы аутентификации, поскольку не требует ручного ввода или проверки.



Рис.1. Система аутентификации автомобиля по отпечатку пальца

Однако у этой технологии есть и некоторые недостатки. Например, система требует, чтобы пользователи приложили палец к сканеру, что может быть неудобно для некоторых людей. Кроме того, технология может быть дорогой в установке и обслуживании. [3].

В целом технология сканирования отпечатков пальцев является безопасным и удобным способом отпирания дверей автомобиля и запуска двигателя и становится все более популярной в автомобильной промышленности. Это надежно, точно и быстро, но дорого и может быть неудобно для некоторых пользователей.

Источники

1. Dnepr Security [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://dneprsecurity.com/statji/kak-rabotaet-skaner-otpechatkov-palcev-i-pochemu-za-nim-budushhee.html> (дата обращения: 03.03.23).
2. Mordor Intelligence [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.mordorintelligence.com/ru/industry-reports/biometric-in-the-automotive-market> (дата обращения: 03.03.23).
3. Многокритериальный сравнительный анализ образцов электрического транспорта / Павлов П.П., Литвиненко Р.С., Аухадеев А.Э. // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока, - Новосибирск, №1-2, 2014, С. 323-326.

УДК 681.513.3

ОЦЕНКА УСТАНОВИВШИХСЯ ОШИБОК СКОРОСТНОГО СЛЕДЯЩЕГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Р.Р. Ахметов¹, Э.Ф. Валиуллов², А.М. Антипанов³

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент В.М. Бутаков

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

³КАЗ им. С.П. Горбунова – филиал ПАО «Туполев», г. Казань, Россия

¹akhmetow0w@gmail.com, ²evf2510@gmail.com, ³antipanov558@gmail.com

В статье рассмотрены вопросы оценки установившихся ошибок скоростного следящего электропривода постоянного тока.

Ключевые слова: скоростной следящий электропривод, электродвигатель постоянного тока, установившиеся ошибки.

EVALUATION OF ESTABLISHED SYSTEM ERRORS AUTOMATIC CONTROL

R.R. Akhmetov¹, E.F. Valiullov², A.M. Antipanov³

^{1,2} KSPEU, Kazan, Russia

³KAP named after S.P. Gorbunov – branch of PJSC "Tupolev", Kazan, Russia

¹akhmetow0w@gmail.com, ²evf2510@gmail.com, ³antipanov558@gmail.com

The article deals with the evaluation of steady-state errors of a high-speed tracking DC electric drive.

Keywords: high-speed tracking electric drive, DC electric motor, steady-state errors.

Структурная схема динамической модели электропривода показана на рис. 1. Она состоит из электродвигателя постоянного тока с управлением по цепи якоря, контура тока и контура скорости [1].

Оценка установившихся ошибок проводилась методом моделирования в Matlab Simulink и расчетным методом [2,3]. На рис. 2 показана модель электропривода в программе Matlab Simulink. Моделирование проводилось для различных видов задающих и возмущающих воздействий: ступенчатого, линейно возрастающего и квадратично возрастающего.

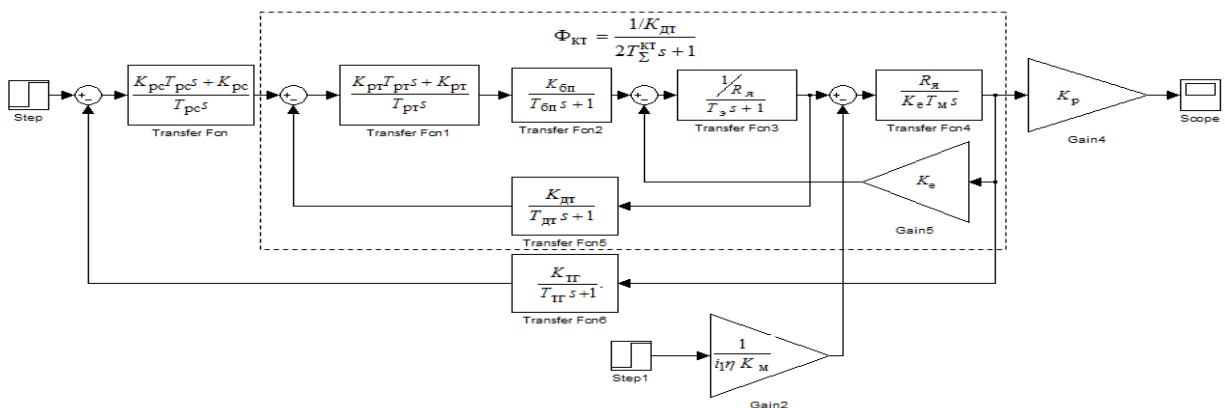


Рис.1. Модель электропривода

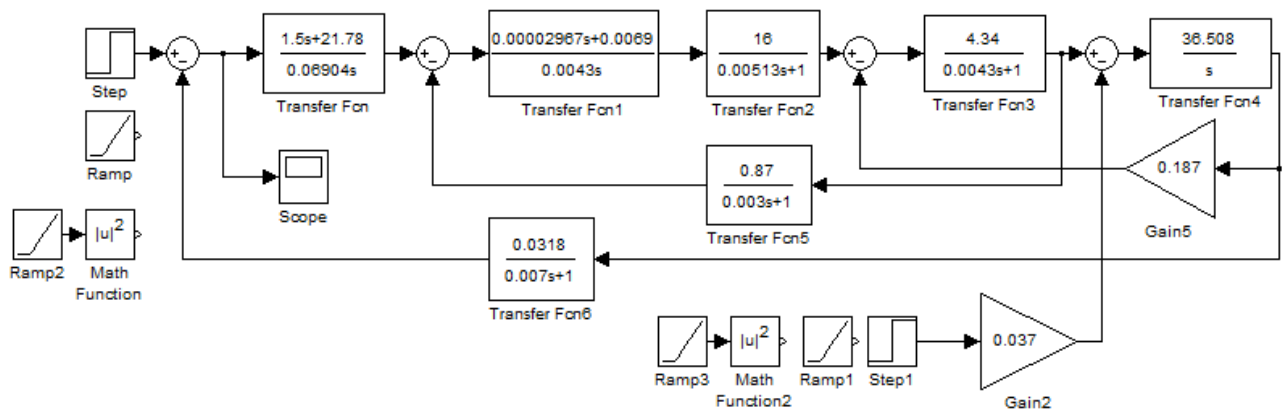
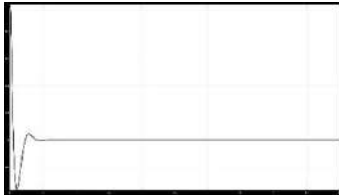
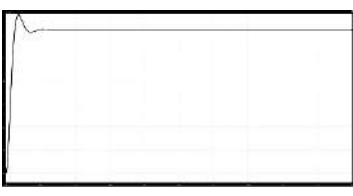
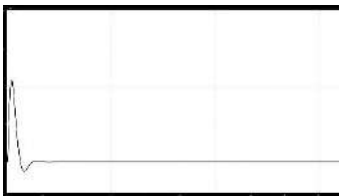
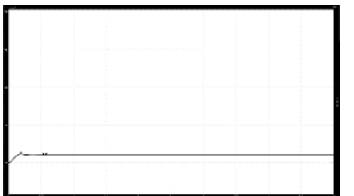
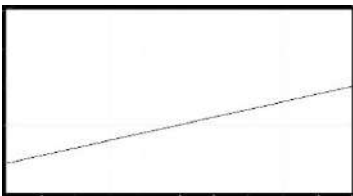


Рис.2. Модель электропривода в Matlab Simulink

Результаты моделирования, показанные в табл. 1, позволяют сделать вывод о том, что ошибки при ступенчатом задающем и возмущающем воздействиях равны нулю.

Результаты моделирования

	Ступенчатое	Линейно возрастающее	Квадратично возрастающее
Задающее воздействие			
Возмущающее воздействие			

При линейно возрастающем задающем воздействии ошибка также равна нулю, а при линейно возрастающем возмущающем воздействии ошибка сводится к установившемуся значению $1,023 \cdot 10^{-4}$ рад/с.

При квадратично возрастающем задающем воздействии ошибка сводится к установившемуся значению $6,2 \cdot 10^{-3}$ рад/с. При квадратично возрастающем возмущающем воздействии ошибка бесконечно возрастает, что свидетельствует о невозможности работы в таком режиме.

Расчетный метод заключается в определении ошибок с помощью теоремы о конечном значении. Суммарная установившаяся ошибка по задающему и возмущающему воздействию равна:

$$\Delta u_{уст} = \lim_{s \rightarrow 0} s \frac{1}{1+W(s)} U_3(s) + \lim_{s \rightarrow 0} s \frac{W_f(s)W_{II}(s)W_{oc}(s)}{1+W(s)} F(s)$$

Результаты расчета, представлены в табл. 2. Они совпадают с результатами моделирования, что подтверждает верность расчетов и адекватность модели скоростного следящего электропривода.

Таблица 2

Результаты расчета

Воздействие	Ступенчатое	Линейно возрастающее	Квадратично возрастающее
Задающее воздействие	$\Delta u_{ст}^u = 0$	$\Delta u_{ск}^u = 0$	$\Delta u_{уск}^u = \frac{2}{K} \dot{u}_3^0 = 6,2 \cdot 10^{-3}$
Возмущающее воздействие	$\Delta u_{ст}^f = 0$	$\Delta u_{ск}^f = \frac{K_f}{K_I} f_0 = 1,023 \cdot 10^{-4}$	$\Delta u_{уск}^f = \infty$

Источники

1. 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.

2. 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.

3. 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. г. Самара, 2016. с. 141-144.

УДК 621-313

ВИРТУАЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ НА ВНЕШНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА НА ЭТАПЕ РАЗРАБОТКИ

К.Г. Бакулин

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Р.С. Литвиненко

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

Konstantin.Bakulin2@mail.ru

В работе рассматривается возможность проведения предварительных испытаний для изделий электрического транспорта и его элементов с использованием автоматизированной системы АСОНИКА. Исследуются возможности проведения виртуальных испытаний на различные внешние воздействия и адекватность полученных результатов. Представлена методика проведения подобных испытаний и выработаны рекомендации по дальнейшему применению полученных результатов моделирования на ранних этапах разработки.

Ключевые слова: модель, виртуальные испытания, электрический транспорт, симуляция внешних воздействий, надежность.

METHODOLOGY FOR VIRTUAL IMPACT TESTING OF ELECTRICAL TRANSPORT BASIC ELEMENTS DURING THE DEVELOPMENT PHASE

K.G. Bakulin

KSPEU, Kazan, Russia

Konstantin.Bakulin2@mail.ru

The paper considers the possibility of conducting preliminary tests for electric transport products and its elements using the ASONIKA automated system. The possibilities of virtual tests for various external influences and adequacy of the obtained results are investigated. The methodology of such tests is presented and recommendations for further application of the simulation results at the early stages of development are elaborated.

Keywords: model, virtual testing, electric vehicle, external influences simulation, reliability.

Наиболее ответственными элементами электротранспорта, которые влияют на надежность и эффективность функционирования, являются элементы тягового электрооборудования и электронные компоненты, внешние воздействия на которые необходимо учитывать при разработке и проектировании. Основными известными внешними воздействиями являются климатические, механические, радиационные и биологические. Не все из приведенных воздействий являются расчетными и учитываемыми ввиду особенностей эксплуатации электротранспорта. Например, в электрокаре воздействие механических и климатических внешних воздействий гораздо более ощутимо, чем возможность воздействия радиационных излучений или биологических внешних факторов. Таким образом, основными внешними воздействиями, которые необходимо исследовать при разработке элементной базы электрического транспорта являются вибрации, ударные нагрузки и влияние климатических факторов. К основным климатическим факторам относятся температура, влажность и примеси в воздухе [1].

Система АСОНИКА предназначена для анализа и обеспечения стойкости радиоэлектронных средств (РЭС) к комплексным тепловым, механическим, электромагнитным воздействиям. АСОНИКА обеспечивает дополнение обычного перечня конструкторской документации результатами расчетов и моделями, по которым эти расчеты проведены. Тем самым формируется электронный виртуальный макет создаваемой

аппаратуры, который может быть передан на этапы изготовления и эксплуатации [2].

Влияние температурных режимов на электротранспорт возможно моделировать с использованием отечественной автоматизированной подсистемы АСОНИКА.

Также данная программа дает возможность проследить вибрационные нагрузки, действующие на большинство элементов электротранспорта. Для проведения виртуальных испытаний необходимо предварительно исследовать условия, в которых будет эксплуатироваться разрабатываемый электрический транспорт [3]. Далее формируются 3D модели исследуемых элементов, блоков и агрегатов, отражающие их технические характеристики и параметры. Сложность модели определяет время проводимых расчетов, поэтому допускается просчитывать некоторые элементы отдельно от общей сборки изделия. [4]

Исследование влияния вибрации на электронные платы и размещенные на них компоненты проводится с учетом формы и типа крепления платы, а также характера вибрационной нагрузки. Также необходимо указать материал и крепления элементов к плате, так как исследования указывают на их подверженность вибрациям [5]. Некоторые данные по среднестатистическим вибрационным воздействиям описываются в ГОСТ Р 57211.4–2016.

Автоматизированная система АСОНИКА также позволяет осуществлять виртуальные испытания исследуемых элементов на различные виды ударных и акустических воздействий. Данные воздействия также регламентируются стандартами, описывающими процесс и параметры проводимых испытаний, для ударных воздействий - ГОСТ Р 51371–99; для акустических - ГОСТ 30630.1.5—2013.

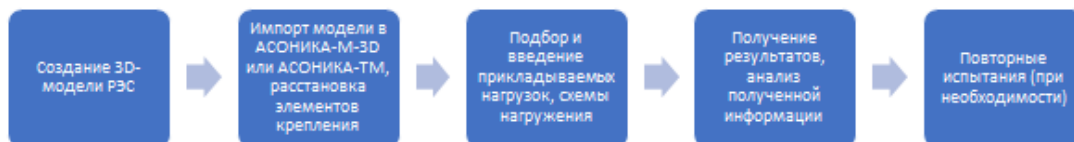


Диаграмма действий проведения испытаний на вибрационные нагрузки

Применение в целях осуществления виртуальных испытаний автоматизированной системы АСОНИКА значительно упростит и ускорит разработку электрического транспорта, а также позволит значительно сэкономить средства, затрачиваемые на натурные испытания, проводимые

без предварительных исследований влияния внешних воздействий на надежность.

Источники

1. Выжимова В.Н. Комплексная оценка факторов, влияющих на надежность асинхронных вспомогательных машин электровозов переменного тока, определение основных причин отказов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2013. №3 (39).
2. Автоматизированная система АСОНИКА для моделирования физических процессов в радиоэлектронных средствах с учетом внешних воздействий / Под ред. А.С. Шалумова. – М.: Радиотехника, 2013 – 424 с.
3. Bhavi I.G., Devoor N.S., Sakri M.I. Analytical and Experimental Investigations on a Vibrating PCB with Heavy Mounted Components // Research Gate March. 2016.
4. Khusnutdinova E. M. et al. Comprehensive test procedure for digital instruments and devices of automated versatile systems //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2020. – Т. 915. – №. 1. – P. 012032.
5. T. Hamano, Y. Ueki, T. Nakasuji, K. Fujimoto. Destruction mechanisms resulting from vibration load in PCB-mounted electronics // ESPEC Technology Report No.17, 9th Symposium on Microjoining and assembly technology in electronics (2003)

УДК 62-526

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЦИЛИНДРАМИ

И.А. Васильев¹, С.В. Гаврилова², Я.К. Старостина³

Науч. рук. канд. тех. наук, старший преподаватель С.В. Гаврилова

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «УлГТУ», г. Ульяновск, Россия

^{1,2,3}boatswain303@yandex.ru

В статье предложена разработанная докладчиком система автоматического управления электроцилиндрами. Данная система позволяет повысить гибкость настройки «тонких» режимов управления электроцилиндрами, а также получить лучшие статические и динамические характеристики регулирования.

Ключевые слова: электроцилиндры, сервопривод, актуатор, контроллеры, преобразователи частоты, импортозамещение.

MODERNIZATION OF THE SYSTEM OF AUTOMATIC CONTROL OF ELECTRIC CYLINDERS

I.A. Vasiliev¹, S.V. Gavrilova², Ya.K. Starostina³

^{1,2,3} UlSTU, Ulyanovsk, Russia

^{1,2,3}boatswain303@yandex.ru

The article proposes an automatic control system for electric cylinders developed by the speaker. This system allows you to increase the flexibility of setting the "fine" modes of control of electric cylinders, as well as to obtain the best static and dynamic control characteristics.

Keywords: electric cylinders, servo drive, actuator, controllers, frequency converters, import substitution.

Гидравлические системы, несмотря на стремительный технический прогресс, по-прежнему имеют некоторые преимущества по сравнению с другими доступными технологиями благодаря своей высокой удельной мощности, относительно экономичным компонентам и простоте развертывания, когда необходимо простое позиционирование. Со временем требования к системам стали выше, в гидравлических системах теперь должны использоваться линейные преобразователи и сервогидравлические системы, что увеличивает их стоимость и сложность. Поэтому стало целесообразно использовать электромеханические актуаторы (электроцилиндры) [1].

Электроцилиндры применяются в любых сферах, где требуются высокودинамичные, высокочастотные, высоконагруженные перемещения со строгими требованиями к позиционированию и повторяемости характеристик, например, в энергетике для регулирования паровых, газовых и гидротурбин, в промышленности для приводов высокочастотных станков и т.д. [1].

Рассмотрим принцип работы электроцилиндра на примере устройства РТ1605.00.000 предназначенного для привода механизма разворота лопаток аппарата направляющего гидротурбины, устанавливаемой на ГЭС.

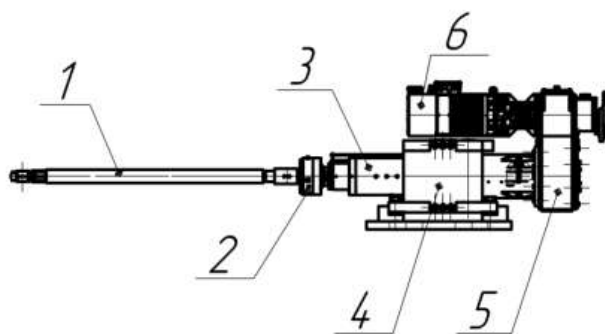


Рис.1. Основные узлы устройства РТ1605.00.000.

1 – тяга (с наконечником), 2 – преобразователь силы (датчик силы), 3 – линейный модуль (электроцилиндр), 4 – опора шарнирная, 5 – редуктор, 6 – электродвигатель

Комплектный дублированный сервопривод устанавливается на плиту, жестко закрепленную на установке спиральной камеры и статора, и выставляется наконечником тяги на оси кольца регулирующего аппарата направляющего гидротурбины. При выполнении своей функции, сервопривод осуществляет линейно-угловое перемещение оси кольца регулирующего аппарата направляющего гидротурбины. Во время этих перемещений линейный модуль осуществляет угловые перемещения вокруг осей опоры шарнирной, избавляясь тем самым от значительных изгибающих моментов, которые в противном случае могли бы воздействовать на тягу и линейный модуль. Линейное перемещение тяги обеспечивается преобразованием вращающего момента, передаваемого от электродвигателей через редуктор в линейный модуль, в осевое усилие, которое изменяет свое направление в зависимости от направления вращения электродвигателей. Величина линейного перемещения и возникающее при этом усилие непрерывно определяются специальными датчиками и передаются в систему управления. Два постоянно подключенных электродвигателя обеспечивают непрерывность процесса управления положением кольца регулирующего аппарата. [2]

Для реализации гибкости управления электроцилиндрами предлагается создать систему управления и контроля состоящую из трех уровней: верхний, средний и нижний. На нижнем уровне расположены датчики, исполнительные механизмы, электрооборудование гидроагрегатов, преобразователи частоты. Также здесь находится система бесперебойного питания гидроагрегата. На среднем уровне (АСУ ТП) находятся программируемые логические контроллеры, модули ввода/вывода, источники постоянного тока и гарантированного питания.

Средний и нижний уровни сообщаются от ПЛК к ПЧ через коммутатор по полевой шине Modbus TCP. На верхнем уровне находятся автоматизированные рабочие места, диспетчерские.

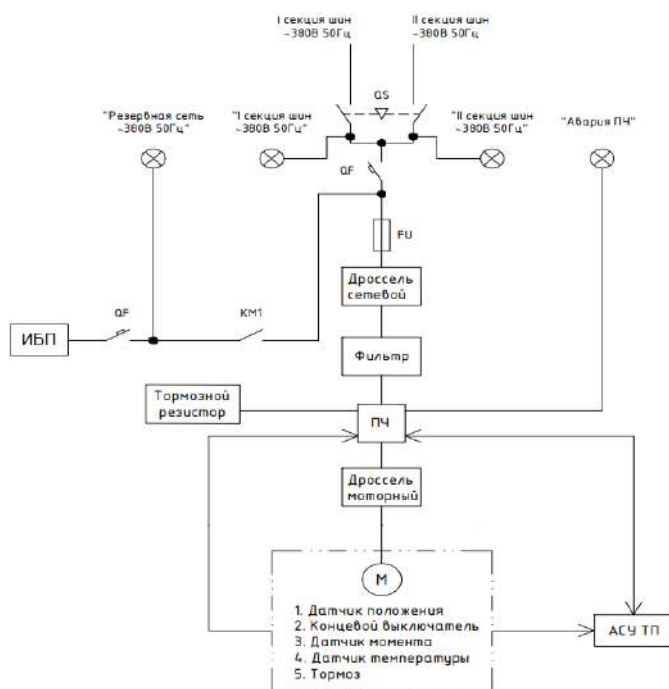


Рис.2. Структурная схема автоматического управления электроцилиндром

В условиях наложенных на нашу страну санкций множество иностранных компаний покинули российский рынок, отсюда вытекает проблема создания таких автоматизированных систем. Для решения данной проблемы предлагается использовать устройства и комплектующие отечественных разработчиков таких, как «Веспер», Прософт Системы, ОВЕН и т.д.

Разработка и внедрение отечественных комплексных АСУ ТП в условиях современной экономики, импортозамещения и возрастающих требований качества продукции является одним из немногих способов выживания в конкурентной борьбе и получения стабильных прибылей.

Источники

1. Гладышев Г. Замена гидравлики на электромеханику: зачем и как это делают. Часть 1 // Control Engineering Россия . - 2021. - №4 (96). - С. 40 - 44.
2. Прогрессивные технологии Руководство по эксплуатации РТ 1605.00.000 РЭ.

К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ШИРИНЫ ОКНА ДЛЯ ЯДЕРНОЙ ОЦЕНКИ ПЛОТНОСТИ

Х.Ф. Вахитов¹, А.А. Стародубец², Б.И. Сафиуллин³, А.Р. Хайруллин⁴

^{1,2,3,4}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹lilah20@mail.ru, ²TemaStar13@yandex.ru, ^{3,4}gougle2010@yandex.ru

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Р.С. Литвиненко

В статье предложен программный комплекс ядерной оценки плотности, реализованный в системе компьютерной алгебры MathCad. Далеко не всегда при исследовании надежности технических систем представляется возможным получить обширную выборку. В связи с этим возникает необходимость в ядерной оценке плотности распределения с оптимальной шириной окна для ядра сглаживания.

Ключевые слова: надежность, ядерная оценка, программный комплекс, плотность распределения, малая выборка.

ON THE CHOICE OF OPTIMAL WINDOW WIDTH FOR NUCLEAR DENSITY ESTIMATION

Kh. F. Vakhitov¹, A.A. Starodubets², B.I. Safiullin³, A.R. Khairullin⁴

^{1,2,3,4}KSPEU, Kazan, Russia

¹lilah20@mail.ru, ²TemaStar13@yandex.ru, ^{3,4}gougle2010@yandex.ru

The article proposes a software complex of nuclear density estimation, implemented in the computer algebra system MathCad. It is not always possible to obtain a large temporal sample when investigating the reliability of technical systems. That's why the necessity of the kernel density estimation with the reliable window width for the smoothing kernel of distribution density appears.

Keywords: reliability, nuclear assessment, software package, distribution density, small sample.

Для ядерного оценивания необходимо задать матрицу T самостоятельно, оперируя имеющейся априорной информацией. Объем выборки неограничен [1].

Для примера исходная выборка представлена в виде матрицы T , полученной в результате слияния матриц $T1$, $T2$ и $T3$. Матрицы $T1$, $T2$ и $T3$ представляют собой векторы независимых случайных чисел [2].

```

Z := | m ← 1
-----
    for h1 ∈ hmin, (hmin + Δh) .. hmax
        |
        | 
$$S_m \leftarrow \prod_{j=1}^n \left[ \frac{\sum_{i=1}^n \left[ e^{-\left( \frac{X_j - T_i}{\sqrt{2} \cdot h1} \right)^2} \right] - 1}{[(n-1) \cdot h1 \cdot \sqrt{2\pi}]} \right]$$

        | m ← m + 1
    | S

```

Рис. 1. Вычисление плотности в точке (для выборки из которой эта точка извлечена) и вычисление функции правдоподобия Z

Полученный результат следует возвести в степень в два для повышения чувствительности Mathcad: $Z := Z \cdot 10^{n-1}$.

Далее производится нахождение индекса k максимального значения функции правдоподобия [3].

```

k := match(max(Z), Z)

```

```

max(Z) = 1.696 × 1011

```

```

h2 := | for i ∈ 1 .. rows(Z)
      | for j ∈ 1
      | | L1 ← hmin
      | | Li+1,j ← hmin + i · Δh
      | L

```

Рис. 2. Индекс k максимального значения функции правдоподобия

Индекс оптимальной ширины окна соответствует максимальному индексу максимального значения функции правдоподобия[4].

Представленный программный комплекс позволяет сформировать плотность распределения случайной величины ограниченного объема (при малой выборке), при этом оптимальная ширина окна выбирается автоматически.

Для случайной выборки состоящей из 3 трех сгенерированных выборок определена оптимальная ширина окна с последующим построением графика изменения вероятности отказа.

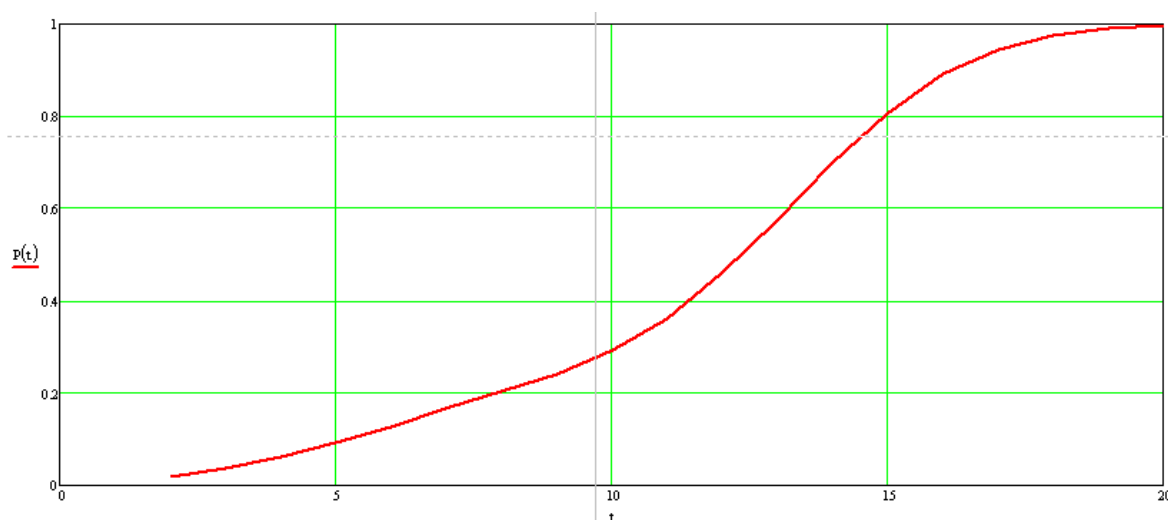


Рис. 3. График изменения вероятности отказа

Источники

1. М.Б. Лагутин. Наглядная математическая статистика: учебное пособие/М.Б. Лагутин. – 2-е изд., испр. – М.:, 2009. – 472 с.: ил. ISBN 978-5-94774-996-0.

2. Прикладная непараметрическая регрессия / В. Хардле; Перевод с англ. А. В. Назина; Под ред. М. Б. Малютова. - Москва : Мир, 2005. - 349 с. : ил.; 21 см.; ISBN 5-03-002014-4 : Б. ц..

3. Основы работы в среде MathCAD. Простейшие вычисления: методические рекомендации. Ч. 1 / М.И. Глотова, О.В. Приходько; Оренбургский гос. ун-т. - - Оренбург: ОГУ, 2013. - 93 с..

4. Инженерные расчеты в Mathcad 14: учеб.-метод. пособие для студентов специальностей 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств» / А. А. Дятко, Т. В. Кишкурно. – Минск: БГТУ, 2010. – 83 с.

ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

И.И. Вильданов

Науч. рук. доцент А.Н. Хуснутдинов

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

vildanov.ilvrr@gmail.com

В тезисе рассмотрены перспективные аккумуляторы, применяемые в современном электромобильном транспорте в массовом сегменте в РТ. Проведен анализ уже существующих аккумуляторов, представлены основные недостатки и преимущества.

Ключевые слова: аккумулятор, электромобиль, силовая цепь, элемент питания, обслуживание, запас хода, эффективность.

MODERN ELECTRIC DRIVES OF ELECTRIC VEHICLES

I.I. Vildanov

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

vildanov.ilvrr@gmail.com

The article promising battery used in modern electric transport in the mass segment in the Republic of Tatarstan. The analysis of already existing battery is carried out, the main disadvantages and advantages are presented.

Keywords: battery, electric car, power circuit, battery, maintenance, power reserve, efficiency.

В наше время в электромобили устанавливают разные виды аккумуляторов. Аккумуляторы для электромобилей различаются от аккумуляторов для освещения, запуска и зажигания (SLI), так как они предназначены для обеспечения питания в долгий промежуток времени и предстают в роли аккумуляторов глубокого разряда. Аккумуляторы для электромобилей выделяются высокими отношением мощности к массе, плотностью энергии и удельной энергией. Преимущественно необходимы компактные и легкие батареи, так как они уменьшают сам автомобиль и, конечно же, улучшают его характеристики. В сравнении с жидким топливом, множество современных аккумуляторных технологий имеют

низкую удельную энергию, и это чаще всего влияет на максимальный запас хода электромобилей. [1,2,3,4]

Батареи дорогостоящие, хотя и подешевели примерно в три раза за последние десять лет. Примерно на столько же раз увеличилась их ёмкость. [5]

Большинство аккумуляторных батарей электромобилей работают на высоких напряжениях от 350 до 800 вольт, но многоконтурная система защиты полностью убирает риск поражения эл. током. [6]

Li-Ion – это лишь название группы абсолютно разных по характеристикам и составу аккумуляторов. Так же они бывают литий-железо-фосфатными, литий-марганцевыми, литий-кобальтовыми, литий-титанатными и так далее, в этом же числе и в основе смесей. Все имеют разного рода достоинства, а также недостатки. [7]

В качестве распределения энергопотоков в батареях служит сложная многоуровневая система с огромным количеством датчиков температуры. Под контролем находятся все ячейки, каждый модуль, а также весь участок цепи и батарея в целом. [8]

Большая часть всей стоимости батареи включает не только ячейки батареи, но и корпус. Это очень прочная деталь, осложненная в производстве. [9]

При регулярном использовании батарея начинает стареть. На несколько процентов проседает емкость из-за ячеек с дефектом, после чего и вовсе снижается на 15-20 процентов за несколько лет, затем этот процесс становится более медленным, вследствие чего батарея используется в стационарных системах. [8,9]

В наше время существуют технологии для глубокой утилизации батарей, только эти услуги можно получить от ограниченного количества компаний и не во всех странах. [1,2]

Источники

1. Теория наземных транспортных средств. Тяговый расчет электромобиля: учебное пособие / А.Г. Уланов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2018. – 389 с. (дата обращения: 28.02.2023).

2. Пермский университет // [официальный сайт]. URL: http://www.psu.ru/files/docs/fakultety/fil/Kaf_zhurnalistiki/oformlenie-ssylok-i-bibliografii-2016.pdf (дата обращения: 28.02.2023)

3. Как устроен электромобиль/ [Интернет-СМИ] // 22 сентября 2021. URL: <https://mag.auto.ru/article/kak-ustroen-elektromobil> (дата обращения: 01.03.2023).

4. Выбор аккумуляторов для электромобилей и гибридных автомобилей/ [Интернет-ресурс] // 3 октября 2016. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vybor-elektrodvigateley-dlya-elektromobiley-i-gibridnyh-avtomobiley> (дата обращения: 01.03.2023).

5. Сафин А.Р. Аккумуляторы для электромобилей, не содержащие редкоземельные элементы // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2021. – Т. 13. – №. 1. – С. 16-36.

6. Принцип работы аккумуляторной батареи [Интернет ресурс] (дата обращения: 15.03.2023) <https://principraboty.ru/princip-raboty-akkumulyatornoy-batarei/>

7. Устройство аккумуляторов. Как сохранять энергию? [Интернет ресурс] (дата обращения: 9.02.2023) <https://postnauka.ru/faq/97602>

8. Типы аккумуляторных батарей и области их применения. [Интернет ресурс] (дата обращения: 22.04.2023) <https://www.solarhome.ru/batteries/battery-types.htm>

9. Аккумуляторы. Термины и сведения. [Интернет ресурс] (дата обращения: 19.02.2023) <https://www.qrz.ru/schemes/contribute/digest/bp81.shtml>

УДК 621.311

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Л.Ф. Гайфиева

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Ю.А. Аверьянова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

lasana01@mail.ru

В статье рассматривается вопрос применения систем накопления электрической энергии. Приводятся виды систем и результаты использования данной технологии. Приведены примеры Российских компаний, занимающиеся производством аккумуляторов. Рассмотрены недостатки и перспективы использования систем накопления электроэнергии.

Ключевые слова: система накопления электрической энергии, ВИЭ, аккумулятор, энергосистема, надежность.

APPLICATION OF ELECTRIC ENERGY STORAGE SYSTEMS

L.F. Gaifieva
KSPEU, Kazan, Russia
lasana01@mail.ru

The article discusses the use of electric energy storage systems. The types of systems and the results of using this technology are given. Examples of Russian companies engaged in the production of batteries are given. The disadvantages and prospects of using electricity storage systems are considered.

Keywords: electric energy storage system, RES, battery, power system, reliability.

Система накопления электрической энергии является сложной системой, которая предназначена для накопления, хранения и передачи электроэнергии. Данная технология приобрела большую популярность в связи с ростом использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ), в особенности ветряных и солнечных электростанций. Актуальным является вопрос для тех регионов России, которые технологически не присоединены к Единой энергетической системе, например, часть территории Дальнего Востока и Арктики [3].

Развитие систем накопления электроэнергии способствует к увеличению надежности работы энергосистемы, сглаживанию пиков и провалов нагрузки, экономии топлива и ресурса генераторов, автоматическое регулирование частоты и перетоков активной мощности, компенсации реактивной мощности, выравниванию неравномерности генерации ВИЭ. Аккумуляторы в распределительных электрических сетях позволяют увеличить гибкость и управляемость сети, позволяя хранить электрическую энергию в то время, когда ее производство превышает потребление, а затем использовать эту энергию в период, когда потребление превышает производство. Это позволяет сократить использование традиционных источников энергии, таких как газ и уголь, и уменьшить выбросы вредных веществ в атмосферу [4].

Приведем основные виды систем накопления электроэнергии. На первом месте (98,5% общего объема мощности накопителей в мире) являются Гидроаккумулирующие системы (ГАЭС). Далее идут электрохимические накопители (литий-ионные аккумуляторы), накопители сжатого воздуха и суперконденсаторы [5].

В России существуют конкретные примеры применения системы накопления электрической энергии в распределительных сетях.

Компания ООО «Энер Зэт» разрабатывает решения в сфере энергетики с использованием литий-ионных аккумуляторов собственного производства, имеет большой опыт во внедрении систем накопления энергии на объектах энергетики.

Проект компании "Сколково" на базе экспериментального участка электросетей в Подмосковье, использует систему накопления электрической энергии на основе графеновых аккумуляторов, позволяющая повысить эффективность использования энергии и снизить затраты на ее производство.

Проект "Энергоаккумулятор" в городе Екатеринбурге использует систему накопления электрической энергии на основе водородных топливных элементов. Этот проект предназначен для обеспечения непрерывного и безопасного электроснабжения в случае аварийных ситуаций [1].

Эти и другие проекты демонстрируют потенциал внедрения и применения систем накопления электрической энергии на основе аккумуляторов в России и ее важность для перехода к более устойчивой и экологически чистой энергетике.

Несмотря на многие преимущества, система накопления электрической энергии при помощи аккумуляторов имеет и некоторые недостатки:

1. Высокая стоимость - в настоящее время стоимость аккумуляторов остается довольно высокой, что может стать препятствием для широкого использования таких систем.

2. Ограниченная емкость хранения - аккумуляторы могут хранить только ограниченное количество энергии, поэтому большие установки требуют значительного количества аккумуляторов.

3. Ограниченная жизненность - аккумуляторы имеют ограниченный срок службы, после которого требуется их замена. Это также может увеличивать общую стоимость системы.

4. Отрицательное влияние на окружающую среду - при изготовлении аккумуляторов используются определенные химические вещества, которые могут оказывать негативное воздействие на окружающую среду при неправильной утилизации.

5. Ограниченная скорость зарядки и разрядки - аккумуляторы имеют ограниченную скорость зарядки и разрядки, что может быть проблемой при работе системы в условиях высокой нагрузки [2].

В целом, несмотря на недостатки, система накопления электрической энергии при помощи аккумуляторов остается эффективным и

перспективным решением для создания более устойчивой и экологически чистой энергетической системы.

Источники

1. Калимуллин Л.В., Левченко Д.К., Смирнова Ю.Б., Тузикова Е.С. Приоритетные направления, ключевые технологии и сценарии развития систем накопления энергии. // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. - 2019. - № 1.- С. 42-54.
2. Козлов С.В., Киндряшов А.Н., Соломин Е.В. Анализ эффективности систем накопления энергии. // Альтернативная энергетика и экология. -2015.-№ 2 (166). – С. 29-34.
3. Менделеев Д.И., Галимзянов Л.А., Федотов А.Ю., Россихин Д.А. Анализ применения систем накопления электроэнергии на тепловых электрических станциях. // Развивая энергетическую повестку будущего Сборник докладов Международной научно-практической конференции для представителей сообщества молодых инженеров ТЭК. Санкт-Петербург. – 2021. – С. 73-78.
4. Россихин Д.А., Выприцкая Т.В., Сидорова А.В. Системы накопления электроэнергии: Перспективы и потенциал развития. // Энергия единой сети. – 2021. – № 3 (58). – С. 19-26.
5. Технологии накопления электроэнергии. [Электронный ресурс] – URL: <https://sst.ru/press/expert-articles/the-technology-of-electric-power-accumulation/> (дата обращения: 02.03.2023).

УДК 621.313.04

РАЗРАБОТКА ШТЕКЕРНОГО РАЗЪЕМА ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ И ЕГО ЗАРЯДНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Д.В. Кинёв¹, Б.И. Сафиуллин²

Науч. рук. старший преподаватель Л.Н. Киснеева

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹danil.kineff@yandex.ru, ²gougle2011@yandex.ru

В статье предложена разработка штекерного разъема для электромобилей и его зарядной инфраструктуры переменного тока. Представлен результат в виде моделей, выполненных на базе 3D принтера.

Ключевые слова: проектирование, штекерный разъем, 3D принтер.

DEVELOPMENT OF A PLUG CONNECTOR FOR ELECTRIC VEHICLES AND ITS AC CHARGING INFRASTRUCTURE

D.V. Kinev¹, B.I. Safiullin²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

¹danil.kineff@yandex.ru , ²gougle2011@yandex.ru

The article proposes the development of a plug connector for electric vehicles and its AC charging infrastructure. The result is presented in the form of models made on the basis of a 3D printer.

Keywords: design, plug connector, 3D printer.

Разработка штекерного разъема включает в себя проектирование 3D модели и её реализацию с помощью 3D принтера.

Так как для зарядных станций переменного тока разъемы стандартизованы и описаны в ГОСТ Р МЭК 62196-2-2013. Конструктивно данный разъем можно разделить на следующие базовые составляющие:

1. штекеры, выполненные из алюминия или сплава меди;
2. изолятор, необходимый для изоляции штекеров в разъеме;
3. внешняя стенка, удерживающая зарядный кабель и выполняющая роль защиты от механических воздействий и брызг воды;
4. пластина, соединяющая между собой штекеры и изолятор, которая так же является крепежным элементом разъема к стенке прибора.

На основе ГОСТ Р МЭК 62196-2-2013 было разработано два варианта конструктивного исполнения данного разъема, а именно:

Первый - упрощенный вариант с креплением у основания;

Второй - полноценный вариант с креплением у лицевой части [2].

Первый вариант представляет из себя разъем, состоящий из штекеров, изолятора и пластины. 3D модель и чертеж представлены на рис.1.

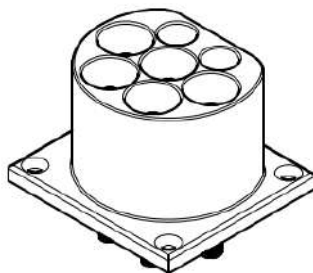


Рис.1. Упрощенный вариант разъема с креплением у основания

Данный вариант является упрощенной версией, так как в ней отсутствует внешняя стенка, удержание кабеля в разъеме происходит за счет штекеров. Данный вариант имеет следующие преимущества и недостатки: при отсутствии внешней стенки удастся уменьшить габариты разъема, но при этом применение возможно только под навесом или в помещении, так как отсутствует защита от брызг воды.

Во втором варианте пластина на лицевой стороне разъема, и вся нагрузка удержания зарядного кабеля в разъеме передается на внешнюю стенку. 3D модель и чертеж представлены на рис.2.

Данный тип разъема за счет своей компоновки имеет более привлекательный и эстетичный вид, так как разъем находится не снаружи, а внутри корпуса, но при этом как следствие необходимо увеличивать внутренний объем корпуса. Все чертежи и 3D модели выполнены в Fusion 360.

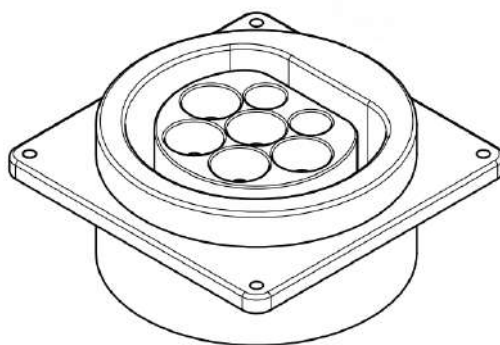


Рис.2. Полноценный вариант разъема с креплением лицевой стороны

Реализация разработки осуществляется с помощью 3D принтера Creality Ender 6. Готовые модели, распечатанные на 3D принтере представлены на рис.3 [3].



Рис.3. Упрощенная и полноценная модель штекерного разъема

Источники

1. Mou X., Zhao R, and. Gladwin D.T. Vehicle-to-vehicle charging system fundamental and design comparison in IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT), 2019, pp. 1628–1633.

2. ГОСТ Р МЭК 62196-2-2013. Вилки, штепсельные розетки, соединители и вводы для транспортных средств. Кондуктивная зарядка для электромобилей. Термины и определения: национальный стандарт российской федерации: издание официальное: утвержден и введен в действие приказом федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 08 ноября 2013 г. № 1402-ст: дата введения 2014-09-01. - Москва: Стандартинформ, 2014. - 41 с.

3. 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.

УДК 621.313.333.1

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ФАЗНЫМ РОТОРОМ

Н.Е. Комаров

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент В.И. Доманов

ФГБОУ ВО «УлГТУ», г. Ульяновск, Россия

komarovnikitos1999@gmail.com

Данная статья посвящена разработке системы управления асинхронным двигателем с фазным ротором, обладающая возможностью двухканального регулирования напряжения, как по статорной, так и по роторной обмотке двигателя. В работе предлагается новый вариант построения силового преобразователя электропривода асинхронного двигателя с фазным ротором, который позволяет обеспечить регулирование скорости, реверс и удержание.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, фазный ротор, разработка, регулирование, управление.

DEVELOPMENT OF AN ASYNCHRONOUS MOTOR CONTROL SYSTEM WITH A PHASE ROTOR.

N.E. Komarov

ULSTU, Ulyanovsk, Russia

komarovnikitos1999@gmail.com

This article is devoted to the development of an asynchronous motor control system with a phase rotor, which has the possibility of two-channel voltage regulation, both on the stator and on the rotor winding of the motor. The paper proposes a new version of the construction of a power converter of an asynchronous motor electric drive with a phase rotor, which allows for speed control, reverse and retention.

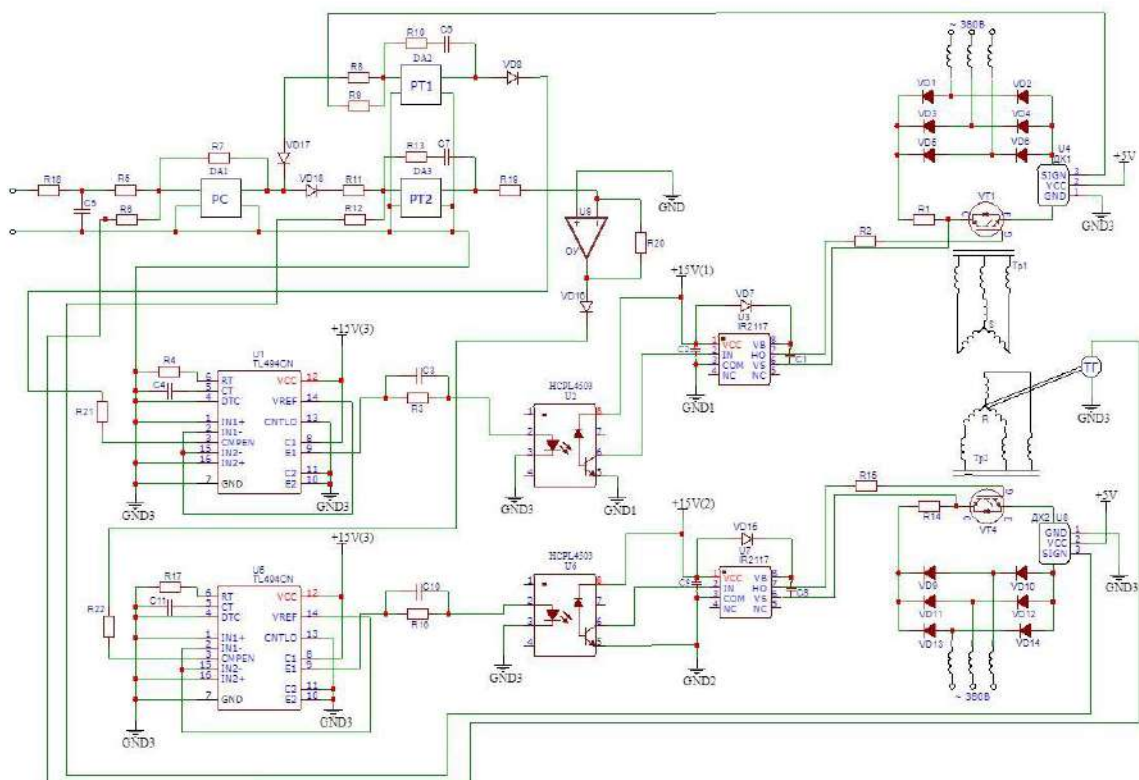
Keywords: asynchronous motor, phase rotor, development, regulation, control.

На рисунке приведена принципиальная схема управления асинхронным двигателем с фазным ротором. Управление в данной системе производится по двум каналам. Для статорного и роторного регулирования напряжения применяются IGBT транзисторы в ключевом режиме [1].

Схема управления силовыми ключами построена на основе широтно-импульсного регулирования. Для этого в данной системе применяются микросхемы TL494CN, с помощью которых можно регулировать длительность импульсов, подаваемых на силовые ключи, а соответственно и напряжение, подаваемое на двигатель [2].

Драйвера IR2117 предназначены для усиления сигнала, поступающего с TL494CN микросхемы, чтобы гарантировано открыть силовой ключ. Также в схеме применяются опторазвязки, которые разделяют слаботочные и силовые цепи. Инвертирующий усилитель применяется с целью изменения полярности, подаваемого на микросхему TL494CN (2) сигнала [3].

Для построения замкнутой системы регулирования используется регулятор скорости, который с помощью тахогенератора, установленного на роторе двигателя, отслеживает частоту вращения и при необходимости изменяет ее, подавая сигналы на микросхему широтно-импульсной модуляции. Регуляторы тока совместно с датчиками Холла обеспечивают контроль над перегрузками схемы [4].



Принципиальная схема управления АД с фазным ротором

Силовая часть схемы состоит из двух идентичных цепей питания. Где силовое 3-х фазное напряжение подается на первичную обмотку трансформатора, в которой разомкнута точка «звезды». Разомкнутые концы первичной обмотки подключаются к трехфазному выпрямителю, полярные выходы которого подключены к силовому управляемому ключу (IGBT-транзистор), который работает в режиме широтно-импульсной модуляции. Это позволяет изменять (регулировать) трехфазное напряжение на вторичной стороне трансформатора, который подключен к асинхронному двигателю [5]. Предполагаемая схема может быть использована при модернизации действующего электрооборудования грузоподъемных механизмов.

Источники

1. Анучин А.С. Системы управления электроприводов: учеб. для вузов / А.С. Анучин. М.: ИД МЭИ, 2015. 373 с.
2. Доманов В.И., Доманов А.В., Мурзаков Д.Г. Исследование работы асинхронного двигателя по упрощенной схеме двойного питания // Электроника и электрооборудование транспорта. 2018, № 2. С. 35-37.

3. Доманов В.И. Регулирование асинхронного двигателя изменением напряжения на статоре. / В.И. Доманов, А.В. Доманов, И.Ю. Муллин, А.О. Холявко. // Электроника и электрооборудование транспорта, 2013, № 2. - С. 35-37.

4. Машиностроение. Энциклопедия. / Ред. совет: К.В. Фролов и др. // Электроприводы. Т. IV-2 / Л.Б. Масандилов, Ю.Н. Сергиевский, С.К. Козырев и др. - М.: Машиностроение, 2012. - 520 с.

5. Доманов В.И., Мурзаков Д.Г., Комаров Н.Е. Линеаризованная математическая модель асинхронного двигателя с фазным ротором как объект управления. // Вопросы электротехнологии. 2022. № 3 (36). С. 75-82.

УДК 621.38

РАСЧЁТ ВЫПРЯМИТЕЛЯ С ЕМКОСТНЫМ ФИЛЬТРОМ ПО ФОРМУЛЕ УГЛА ОТСЕЧКИ

А.А. Ляпунов¹, Ф.И. Акмалов², Р.Р. Ахмадиев³

Науч. рук. ст. преподаватель И.С. Антипанова

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹lyapunov00@mail.ru, ²akmalfan25@gmail.com, ³ahmadiev39@gmail.com

В статье разобран вопрос расчёта выпрямителя с емкостным фильтром по формуле угла отсечки. И оно доказывается использованием графика работы и формулами расчёта ЭДС емкостного выпрямителя.

Ключевые слова: угол отсечки, выпрямитель, емкостной фильтр, конденсатор, электродвижущая сила.

CALCULATION OF A RECTIFIER WITH A CAPACITIVE FILTER BY THE CUT-OFF ANGLE FORMULA

A.A. Lyapunov¹, F.I. Akmalov², R.R. Akhmadiev³

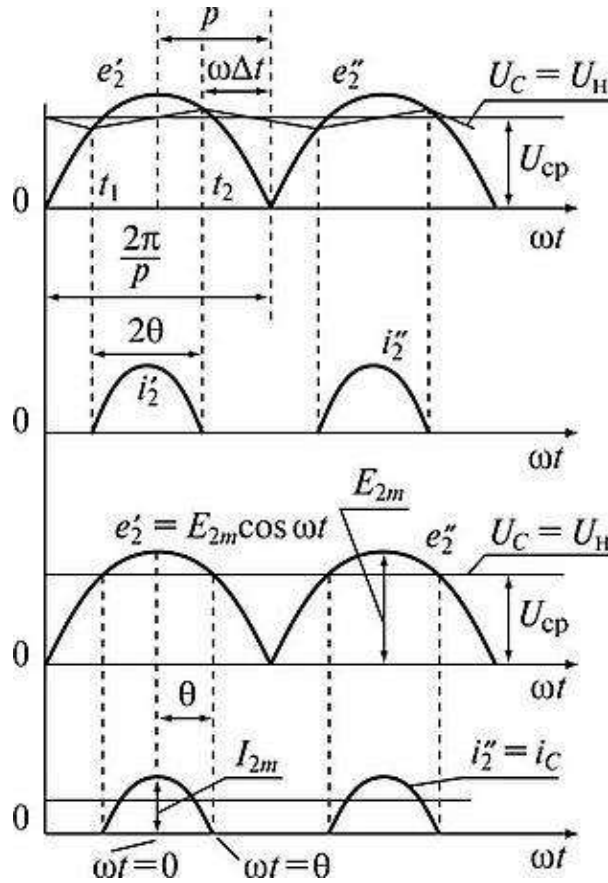
^{1,2,3} KSPEU, Kazan, Russia

¹lyapunov00@mail.ru, ²akmalfan25@gmail.com, ³ahmadiev39@gmail.com

The article examines the issue of calculating a rectifier with a capacitive filter according to the cut-off angle formula. And it is proved by using the work schedule and formulas for calculating the EMF of a capacitive rectifier.

Keywords: cut-off angle, rectifier, capacitive filter, capacitor, electromotive force.

Найдем связи между углом отсечки и расчетными параметрами нагрузки и элементов выпрямителя. Для упрощения анализа будем считать, что емкость конденсатора $C = \infty$ и конденсатор заряжен. Графики для этого случая изображены на рисунке.



Работа выпрямителя на фильтр с емкостной реакцией

Если начало координат выбрать при амплитудном значении ЭДС e_2 , то закон её изменения будет определяться выражением

$$e_2 = E_{2m} \cos \omega t \quad (1)$$

Из графика $U_C = E_{2m} \cos \theta$ (2) [1].

Ток от сети потребляется только в момент заряда конденсатора.

$$i_0 = \frac{e_2 - U_C}{r_{\Pi}} \quad (3)$$

Если в (1) подставить (2) и (3) и проинтегрировать в пределах от $-\theta$ до θ , тогда, с учётом постоянных m_2 и p , получим:

$$I_0 = \frac{pm_2}{\pi} \frac{E_{2m}}{r_{\Pi}} (\sin \theta - \cos \theta) \quad (4)$$

Расчёт выпрямителей с емкостным фильтром ведётся по функциям угла отсечки, которые являются справочными данными, причём аргументом является одна из функций:

$$A(\theta) = \tan \theta - \theta \quad (5)$$

В формуле (4) умножим числитель и знаменатель на $\cos \theta$:

$$I_0 = \frac{pm_2}{\pi} \frac{E_{2m} \cos \theta}{r_n} A(\theta) = \frac{pm_2}{\pi} \frac{U_C}{r_n} A(\theta), \text{ так как } R_H = \frac{U_C}{I_0}$$

$$A(\theta) = \frac{\pi}{pm_2 r_n} \approx \tan \theta - \theta \quad (6)$$

В итоге, среднее значение выпрямленного напряжения на нагрузке при наличии между выпрямителем и нагрузкой емкостного фильтра зависит от величины угла отсечки. [2].

Источники

1. Радиопередающие устройства: учебник для ВУЗов; под ред. В. В. Шахдильдяна — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Радио и связь, 2003
2. Широкополосные радиопередающие устройства (Радиочастотные тракты на полупроводниковых приборах); под ред. О. В. Алексеева — М.: Связь, 1978

УДК 656.9+711.4

ПОПУЛЯРИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА ПОСРЕДСТВОМ ПОЛИТИКИ В ОБЛАСТИ ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВА

Р.А. Марданшина¹, Р.Э. Талипов²

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Н. Хуснутдинов

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

^{1,2}mardanshina99@bk.ru

В статье предложен вариант по популяризации электромобильного транспорта среди населения посредством изменения политики в области градостроительства. Вместе с тем это повысит доступность, удобство использования электромобилей, что приведет к сокращению выбросов парниковых газов в городах.

Ключевые слова: электромобиль, медленная зарядная станция, энергоэффективность, интеллектуальная зарядка.

POPULARIZATION OF ELECTRIC TRANSPORT THROUGH URBAN DEVELOPMENT POLICY

R.A. Mardanshina¹, R.E. Talipov²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

^{1,2}mardanshina99@bk.ru

The article proposes a variant to popularize electric transport among the population by changing the policy in the field of urban planning. At the same time, it will increase accessibility, convenience of electric cars that will lead to reduction of greenhouse gas emissions in cities.

Key words: electric car, slow charging station, energy efficiency, smart charging.

«Зеленая мобильность» является одним из важных компонентов по декарбонизации экономики и достижению целей по сокращению выбросов парниковых газов, устанавливающему обязательную цель по сокращению выбросов на 55% к 2030 году. Ожидается, что около 60% всех медленных зарядных станций (МЗС, пунктов подзарядки) будут проводиться в частных зданиях, поэтому строительная политика будет играть важную роль в разворачивании инфраструктуры МЗС.

Основные ключевые факторы, влияющие на распространение электромобилей, включают доступность, удобство и надежность по сравнению с традиционными автомобилями с двигателем внутреннего сгорания. Они также будут стимулировать инновации и цифровизацию в контексте «умного города». Например, пункты подзарядки, солнечные батареи и другие устройства могут быть подключены к системе управления энергопотреблением зданий, используя открытые стандарты, чтобы иметь возможность максимально использовать местные и удаленные возобновляемые источники энергии и помочь электросети в управлении пиковой и внепиковой нагрузки. Для энергоемких зданий также существует возможность управления пиковой нагрузкой не только на уровне сети, но и на уровне здания с помощью системы управления энергопотреблением здания.

Удобство подзарядки является одним из основных факторов, влияющих на внедрение и распространение электромобилей. Поэтому можно сделать вывод, что энергетическая политика в строительном секторе может способствовать распространению электромобилей путем создания инфраструктуры МЗС в зданиях.

Директива по энергоэффективности зданий также тесно взаимосвязана с предложением о введении новой статьи, которая будет способствовать системной интеграции возобновляемой электроэнергии посредством следующих требований:

- операторы систем передачи и распределения должны будут предоставлять информацию о доле возобновляемой энергии и содержании выбросов парниковых газов в поставляемой ими электроэнергии;

- производители аккумуляторов должны будут обеспечить возможность доступа в режиме реального времени к информации о емкости аккумулятора, его состоянии, состоянии заряда и заданной мощности для владельцев аккумуляторов, а также для третьих сторон, действующих от их имени;

- доступные пункты медленной подзарядки могли поддерживать функцию интеллектуальной зарядки, что важно для интеграции энергетических систем.

Интеллектуальная зарядка также может позволить пользователям, имеющим солнечные батареи на своих участках, заряжать свои автомобили солнечной энергией. Это не только принесет пользу окружающей среде, но и сэкономит деньги.

Предложение директив по энергоэффективности зданий могут содержать требования по дополнительной прокладке кабелей для парковочных мест в новых или капитально отремонтированных зданиях. Прокладка предварительных кабелей во время строительства или реконструкции позволяет значительно сэкономить средства и делает установку пункта подзарядки более привлекательной для владельца или пользователя.

Без ущерба для текущего предложения о внесении изменений в директиву по энергоэффективности зданий и результатов соответствующих межведомственных переговоров, анализ выявленных барьеров, правовых и политических мер включал рассмотрение проблем, которые должны быть устранены возможными будущими вариантами политики по продвижению электромобилей, и определил следующие возможные будущие политические действия:

- усилить право на подключение;
- разработать рекомендации и руководство для государственных органов для устранения барьеров, связанных с процедурами планирования и получения разрешений, а также с правилами арендодателей и совладельцев;
- обеспечить надежное зарядное оборудование;

- содействовать интеллектуальной зарядке и двунаправленной зарядке;
- использовать преимущества балансировки нагрузки;
- устранить барьеры для подзарядки электронных велосипедов, включая грузовые велосипеды;
- усилить техническую помощь;
- обеспечить наличие и квалификацию необходимой рабочей силы;
- содействовать внедрению финансовых инструментов для инфраструктуры подзарядки в зданиях.

Источники

1. Ахметзянов Д.Д., Горбунова А.Д. Особенности развития зарядной инфраструктуры как фактора, способствующего росту электромобилей // Проблемы функционирования систем транспорта. – 2019. – С. 24-27.
2. Джайлаубеков Е.А., Нартов М.А., Керимрай А.М. Прогресс и политика поддержки использования электрического транспорта // Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, практика. – 2018. – С. 21-26.
3. Стародубец А.А., Валеева Г.Р. Перспективы внедрения зарядных электростанций на территории российской федерации // Тинчуринские чтения-2022" Энергетика и цифровая трансформация". – 2022. – С. 365-367.
4. Солуянов Ю.И., Ахметшин А.Р., Солуянов В.И. Энергосберегающий эффект в системах электроснабжения жилых комплексов от актуализации нормативов электрических нагрузок // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2021. – Т. 23. – №. 1. – С. 156-166.

УДК 621.31

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ

А.И. Мархабин¹, Н.А. Салимов², Н.М. Назипов³

Науч. рук. канд.техн.наук, доцент А.Э. Аухадеев

^{1,3}ФГБОУ ВО КГЭУ, г. Казань

²Филиал АО СО ЕЭС РДУ Татарстана, г.Казань, Россия

¹marchabin@mail.ru, ²salimov16@mail.ru, ³nazipov_nafis@mail.ru

В статье получен расчет для определения остаточного ресурса высоковольтного выключателя. С помощью расчета можно определить остаточный ресурс выключателя при трехфазном, двухфазном и однофазном коротком замыкании.

Ключевые слова: остаточный ресурс, короткое замыкание, высоковольтный выключатель.

METHODOLOGY FOR DETERMINING THE RESIDUAL LIFE OF A HIGH-VOLTAGE SWITCH

A.I. Marhabin¹, N.A. Salimov², N.M. Nazipov³

^{1,3}KSPEU, Kazan

²RDO Tatarstan, Kazan, Russia

¹marchabin@mail.ru, ²salimov16@mail.ru, ³nazipov_nafis@mail.ru

The article provides a calculation for determining the residual life of a high-voltage circuit breaker. Using the calculation, it is possible to determine the residual life of the switch in three-phase, two-phase and single-phase short circuit.

Keywords: continuous control, physical wear, current balance.

Основной причиной разрушения контактов высоковольтного выключателя является электрическая дуга. Поэтому учет технического состояния их текущего коммутационного ресурса должен базироваться на определении энергии, выделяемой в высоковольтном выключателе в момент коммутации [1].

Токи коротких замыканий

Номинальный ток, кА, $I_{ном}$		Отключающая способность, кА, $I_{откл}$	
2,5		31,5	
Трехфазного КЗ, $I_{по}^{(3)}$, кА	Двухфазного КЗ, $I^{(2)}$, кА	Однофазного КЗ, $I^{(0)}$, кА	Нагрузки, А
13,2	11,4	3,9	47,3

Расчет остаточного ресурса высоковольтного выключателя [2].

При отключении номинального тока отключения расходуется следующий ресурс:

$$P_t = (I_t / I_o^2) = (31,5 / 31,5^2) = 1(o.e) \quad (1)$$

где I_t – текущее значение тока коммутации, кА;

I_o – отключающая способность выключателя, кА.

Для того, чтобы вычислить остаточный ресурс P_o , из коммутационного ресурса высоковольтного выключателя РК вычитают величину текущего сработавшего ресурса P_c .

$$P_o = P_k - P_c = 20 - 1 = 19(o.e) \quad (2)$$

где P_o – остаточный ресурс высоковольтного выключателя, о.е.;

P_k – установленный ресурс высоковольтного выключателя, о.е.;

P_c – текущий сработавший ресурс высоковольтного выключателя, о.е.

Произведем оценку расхода коммутационного ресурса при отключении трехфазного тока короткого замыкания со значением 13,2 кА.

$$P_t = (I_t / I_o)^2 = (13,2 / 31,5)^2 = 0,175(o.e) \quad (3)$$

Определить число коммутаций можно с использованием определенного текущего сработавшего ресурса.

$$n = P_c / P_k = 20 / 0,176 = 113 \quad (4)$$

где n – число коммутаций при текущем сработавшем ресурсе P_c и полном коммутационном ресурсе P_k .

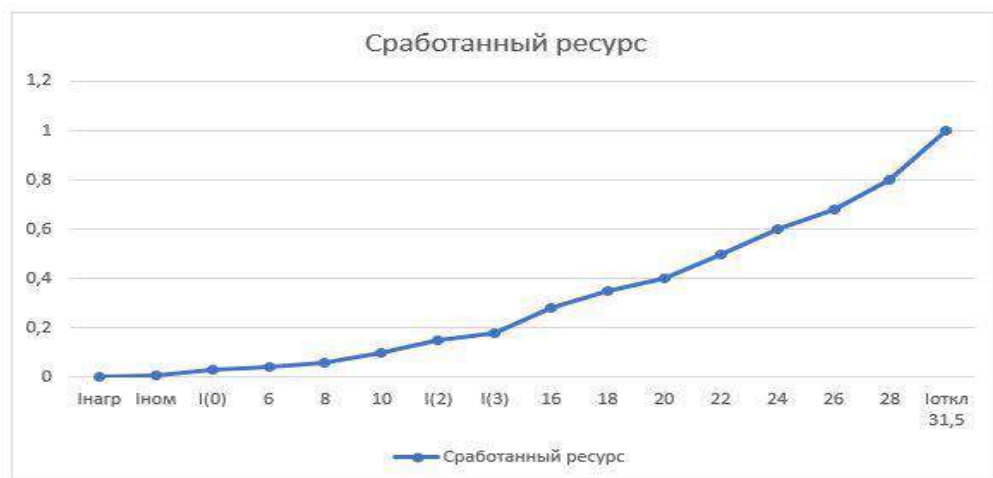


Рис. 1. Зависимость сработавшего ресурса от токов коммутации выключателя

1. От нуля до точки $I_{\text{нагр}}$, определяемой температурой зажигания дуги, на котором не происходит расхода коммутационного ресурса и используется только механический ресурс (на рисунке 3.3.1 – прямая линия от начала координат точки 0 до точки, соответствующей значению тока нагрузки $I_{\text{нагр}}$);

2. От точки $I_{\text{нагр}}$ до $I_{\text{ном}}$ – зона неустойчивого горения дуги;

3. Основная обоснованная в данной работе теоретически зависимость от точки $I_{\text{ном}}$ до точки $I_{\text{откл}}$ по оси абсцисс.

Данным методом можно быстро и легко посчитать оставшийся ресурс высоковольтного выключателя при токах короткого замыкания. Более точную оценку расходования коммутационного ресурса можно получить путем установки на высоковольтном выключателе датчиков, контролирующих интенсивность и продолжительность горения электрической дуги, коммутируемую мощность, параметры электродинамического и термического воздействий коротких замыканий [3].

Источники

1 Гужов Н.П. Системы электроснабжения: учебник / Н.П. Гужов, В.Я. Ольховский, Д.А. Павлюченко. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2015. – 258с.

2. Таланов Р.М., Волкова М.А., Галиуллин Л.Х. Сооружение устройств электроснабжения и их эксплуатация // В сборнике: Фундаментальная и прикладная наука: состояние и тенденции развития. Сборник статей VII Международной научно-практической конференции. Петрозаводск, 2020. С. 26-30.

3. Chen J., Hu Z., Su X. Key technology design to on-line monitoring of mechanical characteristics for intelligent vacuum circuit breaker // High Voltage Apparatus. 2014. V. 50, no.4, pp. 108–112.

ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ТЯГОВЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Е.В. Матвеев¹, И.Н. Летинская², И.Э. Колупаев³, И.С. Антипанова⁴

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Э. Аухадеев

^{1,2,3,4}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹fastercup@gmail.com, ²lenin20022001@gmail.com, ³Kolupaevvany@gmail.com,

⁴Antipanova_irina@mail.ru

В этой статье предпринимается попытка рассмотрения и обоснования энергоемкости тяговых аккумуляторных батарей для питания электроприводов гибридных транспортных средств, электромобилей. Проведен анализ энергоемкости и тяговых аккумуляторных батарей, используемые для питания электроприводов легковых транспортных средств. Были изучены полученные данные с характеристиками аккумуляторов реальных электрических транспортных средств.

Ключевые слова: энергоемкость, тяговая аккумуляторная батарея, электромобиль, гибридный электромобиль, электропривод.

ENERGY CONSUMPTION OF TRACTION BATTERIES FOR ELECTRIC VEHICLES

¹E.V. Matveev, ²I.N. Letinskaya, ³I.E. Kolupaev, ⁴I.S. Antipanova

^{1,2,3,4}KSPEU, Kazan, Russia

¹fastercup@gmail.com, ²lenin20022001@gmail.com, ³Kolupaevvany@gmail.com,

⁴Antipanova_irina@mail.ru

This article attempts to consider and substantiate the energy intensity of traction batteries for powering electric drives of hybrid vehicles, electric vehicles. The analysis of energy intensity and traction batteries used to power electric drives of passenger vehicles is carried out. The data obtained with the characteristics of batteries of real electric vehicles were studied.

Keywords: energy consumption, traction battery, electric vehicle, hybrid electric vehicle, electric drive.

Мировой рынок электромобилей стремительно растет. Учитывая, что еще 20 лет назад электромобильный бизнес не рассматривался как

перспективный, то сегодня с уверенностью можно сказать, что будущее за электромобилями.

Перспективными электрическим транспортными средствами являются те, которые способны накапливать энергию в тяговых аккумуляторных батареях (ТАБ) от стационарных источников электрической энергии, так называемая система Plug-in Hybrid Vehicle (PHV) [1].

На современном этапе развития науки и техники проблема создания экологически чистых энергосберегающих транспортных средств решается за счет применения электропривода, который получает питание от энергоемких ТАБ. К электромобилям средств относятся не только электромобили, но и гибридные транспортные средства, гибридные электромобили [2].

Типичным представителем гибридного транспортного средства являются различные модификации автомобиля Toyota Prius. Основная идея гибридизации заключается в том, что автомобиль имеет два разных источника механической энергии (двигатель внутреннего сгорания и электропривод), которые оптимизированы как для ускорения, так и равномерного движения [3].

Компания General Motors (США) производит гибридный электромобиль Chevrolet Volt. Автомобиль Chevrolet Volt, отличается от Toyota Prius тем, что всегда работает в режиме «только электричество». При поездках на расстоянии до 85 км Chevrolet Volt использует электроэнергию, накопленную в ТАБ. Для дальнейшего движения подключается система ДВС-генератор, которая вырабатывает электрическую энергию для электропривода автомобиля.

Экспериментальные исследования автомобиля Toyota Prius, которые проводили авторы исследования, позволяют сделать выводы, что ТАБ в составе гибридной силовой установки Toyota Hybrid System разработана не для передвижения автомобиля в режиме «только электричество», а служит энергетическим демпфером и предназначена для накопления энергии, что выделяется как от энергии, которая вырабатывается ДВС, так и от системы рекуперации тормозной энергии. Если работает ДВС, то часть энергии через преобразователь напряжения заряжает ТАБ. А в процессе торможения, тяговый электрический двигатель переходит в генераторный режим и через преобразователь напряжения тоже заряжает батарею. Если автомобиль не движется, ДВС заглушен, то энергия ТАБ расходуется только на сервисные функции: климат-контроль, освещение, ходовые огни и на другие потребители электрической энергии [4].

Масса ТАБ может составлять 636 кг. Это почти 1/2 массы всего электромобиля. Энергоемкость такой батареи составляет 84,8 кВт·ч, которой достаточно для преодоления 800 км. Если выбрать минимальный пробег электромобиля в 120 км, то масса ТАБ будет незначительная - до 100 кг. Поэтому в каждом отдельном случае надо выбирать компромиссный вариант между энергоемкостью (дальностью пробега на одном заряде ТАБ) и массой батареи.

Энергоемкость ТАБ гибридного электромобиля можно выбирать от 5,3 до 12,72 кВт·ч в зависимости от желаемого пробега в режиме «только электричество» от 50 до 120 км. Масса батареи при этом имеет от 40 до 95 кг.

Энергоемкость ТАБ гибридного транспортного средства можно выбирать от 1,06 до 5,3 кВт·ч в зависимости от желаемого пробега в режиме "только электричество" от 10 до 50 км. Масса батареи при этом может быть незначительна - до 40 кг [5].

Результаты анализа не всегда коррелируют с характеристиками ТАБ реальных электрических транспортных средств. Это связано с разной удельной энергоемкостью различных ТАБ, массой транспортных средств и условиями эксплуатации.

Источники

1. Оспанбеков Б.К. Оптимизация ресурсопределяющих эксплуатационных режимов тяговых аккумуляторных батарей электромобилей: дисс. канд. техн. наук. М., 2017. 170 с.

2. Карамян О.Ю., Чебанов К.А., Соловьева Ж.А. Электромобиль и перспективы его развития // Фундаментальные исследования, 2015. № 15. 696 с.

3. Иванов С.А., Асадов Д.Г. Анализ рынка и тенденции развития литий-ионных аккумуляторов и электромобилей // Международный технико-экономический журнал, 2011. № 1. 295 с.

4. Смирнов О.П., Клименко С.А.. Экспериментальное исследование силовых характеристик автомобиля TOYOTA Prius в режиме электромобиля, 2014. 147 с.

5. Смирнов О.П., Борисенко А.О. Моделирование затрат энергии гибридными транспортными средствами в зависимости от условий эксплуатации // Автомобиль и электроника. Современные технологии: электронное научное специализированное издание, 2017. 56 с.

СИСТЕМЫ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ КОЛЁС ТРАНСБОРДЕРА НА НАЛИЧИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ И ИЗНОСА КОЛЁС

А.Е. Михайловский

Науч. рук. д-р техн. наук, доцент Р.Н. Хизбуллин

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

mikhaylovskiyanton@gmail.com

В данном тезисе рассмотрены системы диагностики неисправностей колёс трансбордера и предложен вариант использования его в более холодных регионах РФ.

Ключевые слова: трансбордер, ходовые тележки трансбордера, неисправность колёс трансбордера, системы автоматического распознавания дефектов.

SYSTEMS TO DIAGNOSE TRANSBORDER WHEELS FOR WHEEL MALFUNCTIONS AND WEAR

A.E. Mikhaylovskiy

KSPEU, Kazan, Russia

mikhaylovskiyanton@gmail.com

This thesis considers systems for diagnosing transborder wheel malfunctions and proposes an option for using it in colder regions of the Russian Federation.

Keywords: transborder, transborder bogies, transborder wheels malfunction, automatic defect recognition system.

Для увеличения производительности трансбордера и уменьшения затрат на плановую диагностику и ремонт колёс в случае их износа, необходимо обеспечить трансбордер системами бесконтактного контроля параметров колёсных пар и автоматического распознавания дефектов колёсных пар. Это предотвратит дальнейшее развитие прокатов, ползунов, трещин, подрезов, сколов, выщербин и раковин на поверхности колёса.

Отдельной комплексной системы диагностики для трансбордера не существует. Для дальнейшей реализации систем контроля и распознавания дефектов следует использовать систему SensorLine (рис. 1). Недостаток этой системы заключается в недостаточной рабочей температуры датчика, который варьируется от -40°C до 80°C что будет недостаточным для реализации в холодных регионах территории РФ [1]. Точность прибора и

подсистем составляет 97% (при скорости 5 – 60 км/ч). Толщина датчиков позволяет устанавливать их вместо стандартной резиновой подкладки [2].

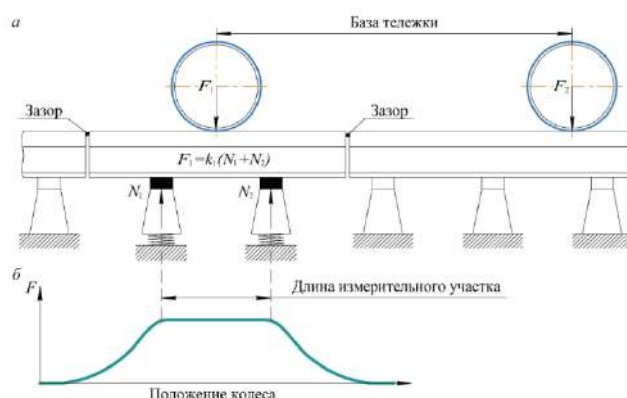


Рис. 1. Схема участка пути с измерением системой SensorLine

Основным недостатком и вследствие проблемой в работе этого прибора на территории РФ основывается в использовании волоконно-оптической технологии передачи данных, рабочая температура эксплуатации составляет от -40°C до 70°C . Заменяв волоконно-оптический кабель на медный кабель диапазон температуры возрастает -50°C до 80°C , но точность системы в таком случае составит уже 84% вследствие уменьшения скорости передачи данных о дефектах [1]. Вследствие выявленной проблемы и одним из методов его решения достигается работоспособная система для проблемных регионов РФ.

Но для увеличения общей точности системы и более комплексной работы всей установки необходимо внедрить бесконтактный оптический контроль колёсных пар, тогда использование сразу нескольких датчиков позволит повысить точность всей системы [5]. С его помощью можно измерять в динамике следующие параметры: диаметр, высота и толщина гребня, ширина изнашиваемой части поверхности, некруглости колёса. В силу малоизученности комплекса данной системы общая точность этой системы не была достоверно установлена.

На базе системы "Комплекс", измеряющие геометрические параметры поверхности катания в полной мере дополняет систему обнаружения дефектов колёс и оперативно передаёт информацию на ближайший ПТО. Данная система работает при температуре от -50 до $+50^{\circ}\text{C}$, поэтому является отличным дополнением системы. В основу этого технического решения положен принцип бесконтактного сканирования с наличием набора активных измерительных датчиков триангуляционного

типа [4]. Каждое из колёс параллельно и независимо сканируется двумя измерительными датчиками (внутренним и наружным).

Для сканирования используются лазерные дальномеры модели РФ603HS с температурным дрейфом 0,02% диапазона/°C, что и даёт высокую точность измерения [3]. В большинстве подобных систем используется зондирующий луч, расположенного ниже уровня рельса, устанавливаемого под некоторым углом на боковую поверхность колеса.

В ходе данной работы были рассмотрены системы распознавания дефектов колёс использованных вне РФ, но зарекомендованных в местах их применения. Рассмотренный и предложенный комплекс систем был адаптирован для работы на территории РФ в более холодных регионах.

Источники

1. Ю. П. Бороненко, Р. В. Рахимов, Р. Ю. Григорьев, В. В. Попов. Анализ методов измерений силового воздействия подвижного состава на путь и систем технического контроля колёс при движении поезда. Современные технологии – транспорту. Сентябрь 2020 года. – 344 стр.

2. Бурченков, В. В., Холодилов О. В. Техническая диагностика состояния подвижного состава и перспективы её развития в Западной Европе и США. Вестник БелГУТа: Наука и транспорт. 2017 год. – 5-9 стр.

3. ООО «РИФТЭК». Лазерные триангуляционные датчики серии РФ603HS. 2023 год. https://riftek.com/ru/products/laser_triangulation_sensor/

4. Хизбуллин Р. Н., Замалтдинов М. Ф. Обоснование выбора чувствительного элемента прецизионного датчика температуры. Казань: «Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики». КГЭУ. 2011 год. – 38-45 стр.

5. А. В. Голенищев-Кутузов., Использование бесконтактных методов диагностики высоких электрических полей. Казань: «Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики». КГЭУ. 2019 год.

ГИБРИДНАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА С МНОГОДВИГАТЕЛЬНЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

С.В. Молот¹, Ш.А. Гайнуллин², Ю.Г. Щербаков³

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор И.И. Артюхов

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «СГТУ имени Гагарина Ю.А.»

¹sve_1992@mail.ru, ²shamil_gaiynullin@mail.ru, ³yurec99@gmail.com

В статье на примере установки охлаждения газа с частотно-регулируемым электроприводом вентиляторов рассматривается возможность применения солнечных модулей в качестве дополнительного источника питания с целью уменьшения потребления электроэнергии из сети.

Ключевые слова: аппарат воздушного охлаждения газа, система электроснабжения, частотно-регулируемый электропривод, солнечные модули

HYBRID POWER SUPPLY SYSTEM OF TECHNOLOGICAL COMPLEX WITH MULTI-MOTOR ELECTRIC DRIVE

S.V. Molot¹, Sh.A. Gainullin², Yu.G. Scherbakov³

^{1,2,3}Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Russia

¹sve_1992@mail.ru, ²shamil_gaiynullin@mail.ru, ³yurec99@gmail.com

The article discusses the possibility of solar modules using as an additional power source in order to reduce the consumption of electricity from the grid, using the example of a gas-cooling unit with variable frequency drive fans.

Keywords: air gas cooling unit, power supply system, variable frequency drive, solar modules

Технологические комплексы с многодвигательным электроприводом применяются в различных отраслях промышленности. Примером являются компрессорные станции для перекачки газа, на которых установлены аппараты воздушного охлаждения (АВО). Так как охлаждение газа является энергоемким процессом, то возникает проблема снижения затрат электроэнергии на работу АВО. Интерес к этой проблеме не угасает на протяжении последних двадцати лет, о чем свидетельствуют

многочисленные исследования. Различные аспекты этой проблемы рассмотрены, например, в работах [1, 2].

Одним из направлений повышения энергетической эффективности АВО газа является применение преобразователей частоты (ПЧ) для регулирования производительности вентиляторов в соответствии с требованиями технологического процесса [3]. Однако здесь также возникает ряд вопросов, один из которых – обеспечение электромагнитной совместимости ПЧ с источниками питания [4].

Комплексное решение проблемы может состоять в применении схемы со звеном постоянного тока при создании подстанции для электроснабжения АВО газа при соответствующей замене ПЧ на инверторы. Такая схема позволяет не только обеспечить электромагнитную совместимость электрооборудования технологического комплекса, но и уменьшить потребление электроэнергии из сетей за счет подключения возобновляемых источников энергии, в частности, солнечных панелей.

Схема предлагаемой системы электроснабжения показана на рисунке. Основным источником энергии является преобразователь сетевого напряжения 6(10) кВ в постоянное напряжение U_d . Преобразователь выполнен в виде двух мостов $B1$ и $B2$, входы которых подключены ко вторичным обмоткам трансформатора T , одна из которых соединена по схеме «звезда», другая – «треугольник». Сглаживание пульсаций напряжения U_d осуществляют дроссель LD и конденсаторы $C1$ – C_N на входе инверторов. К шине постоянного через инверторы $И1$ – $ИN$ подключены электродвигатели вентиляторов.

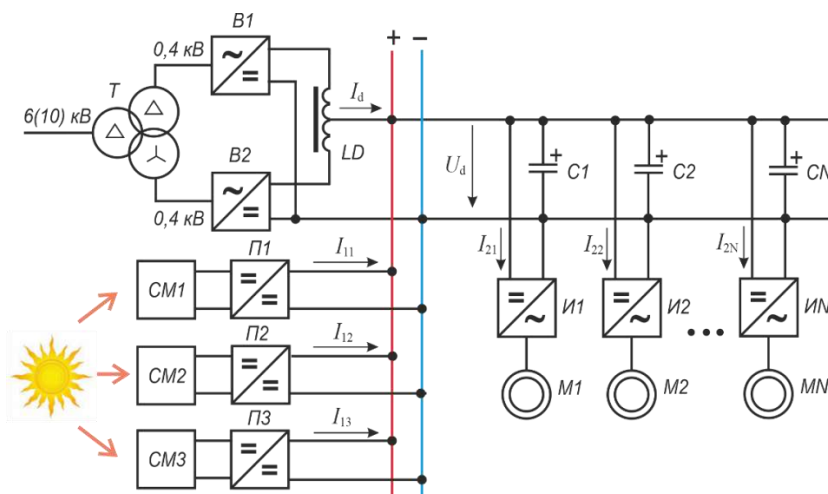


Схема гибридной системы электроснабжения

Дополнительный источник энергии представлен группой солнечных модулей (на схеме показано три модуля СМ1 – СМ3), выходы которых присоединены к шине постоянного тока через повышающие преобразователи напряжения П1 – П3.

Электроприводы потребляют от шины постоянного тока мощность

$$P_{ЭП} = U_d \cdot \sum_{k=1}^N I_{2k} . \quad 1)$$

Солнечные модули отдают в шину постоянного тока мощность

$$P_{СП} = U_d \cdot \sum_{k=1}^3 I_{1k} . \quad 2)$$

В результате получаем, что выпрямитель передает в шину постоянного тока мощность

$$P_B = P_{ЭП} - P_{СП} . \quad 3)$$

Из сети 50 Гц будет потребляться мощность, которую можно оценить по формуле

$$P_1 = (P_{ЭП} - P_{СП}) \cdot \eta^{-1} , \quad 4)$$

где η – КПД преобразователя сетевого напряжения в постоянное напряжение.

Таким образом, применение массива солнечных модулей позволит уменьшить потребление электроэнергии из сети в дневное время, когда требуется более интенсивная работа АВО газа.

Источники

1. Артюхов И.И., Аршакян И.И., Крылов И.П. Автоматическое управление аппаратами воздушного охлаждения на объектах магистрального транспорта газа // Мехатроника, автоматизация, управление. 2003. № 1. С. 33-36.

2. Аршакян И.И., Артюхов И.И. Динамические режимы в системах электроснабжения установок охлаждения газа. Саратов: СГТУ, 2004. 120 с.

3. Аршакян И.И., Тримбач А.А. Повышение эффективности работы установок охлаждения газа // Газовая промышленность. 2006. № 12. С. 52-55.

4. Артюхов И.И., Бочкарева И.И., Тримбач А.А. Качество электроэнергии в системе электроснабжения газотурбинной компрессорной станции в условиях оснащения установок охлаждения газа

частотно-регулируемым электроприводом вентиляторов // Вестник СГТУ. 2011. № 4 (60). Вып. 2.С. 165-170.

УДК 681.5.01

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ В СРЕДЕ SIMULINK

Р.Р Мухаметзянов¹, Э.А. Мухамедзянов², И.В. Токтаров³

Науч. рук., канд. техн. наук, доцент В.М. Бутаков

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

¹rishat05282000@gmail.com, ²emil20.03.012@gmail.com, ³toktarovigor@outlook.com

В данной статье рассматриваются вопросы разработки структурной схемы динамической модели движения автомобиля в среде Matlab Simulink.

Ключевые слова: модель движения автомобиля, силы, действующие на автомобиль, скорость движения автомобиля.

VEHICLE MOTION SIMULATION USING THE SIMULINK ENVIRONMENT

R.R. Mukhametzyanov¹, E.A. Mukhamedzyanov², I.V. Toktarov³

^{1,2,3}KSPEU, Kazan, Russia

¹rishat05282000@gmail.com, ²emil20.03.012@gmail.com, ³toktarovigor@outlook.com

This article discusses the block diagram of vehicle dynamic model movement using the Matlab Simulink environment. Two main blocks are considered - the PID controller and the block kinematics.

Keywords: simulation, Simulink, car motion simulation, mathematical model of the car.

Создание беспилотного автомобиля невозможно без представления модели его движения. Для того что бы изучить кинематику автомобиля в среде Matlab Simulink была разработана структурная схема динамической модели движения автомобиля, показанная на рисунке 1.

Разработанная модель включает в себя блоки, учитывающие такие силы как: сила трения F_f , сила тяжести F_g , коэффициент сопротивления наклона F_s , аэродинамическая сила сопротивления F_a , что приближает ее к реальному образцу автомобиля [1].

Значения параметров модели представлены в таблице [2].

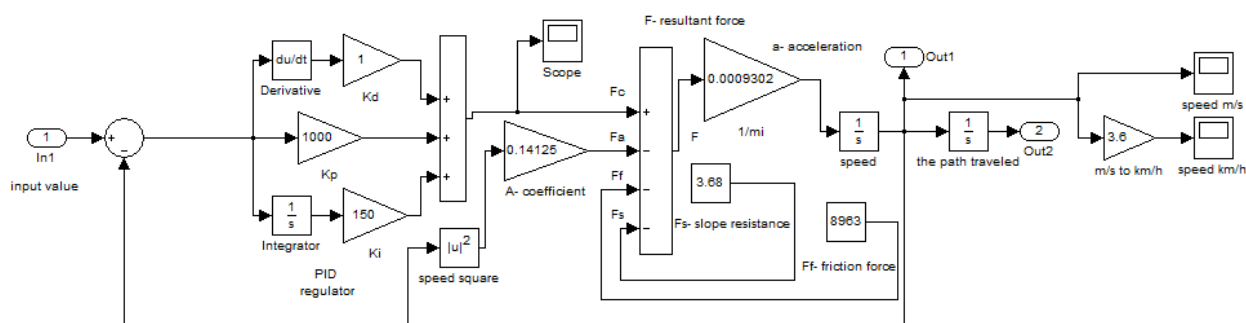


Рис. 1. Структурная схема динамической модели движения автомобиля

Параметры модели

Параметр		Значение параметра	Единица измерения
Обозначение	Название		
m	масса	1075	кг
g	ускорение свободного падения	9,8	м/с ²
μ	коэффициент трения	0,85	-
C_{aero}	коэффициент сопротивления воздуха	0,367	-
ρ	плотность воздуха	1,204	кг/м ³
S	площадь лобовой поверхности	0,64	м ²
K_p	коэффициенты ПИД-регулятора	1000	-
K_i		150	-
K_d		1	-

В структурной схеме динамической модели движения автомобиля приняты следующие обозначения:

input value – задающее воздействие, соответствующее требуемой скорости движения автомобиля;

aerodynamic coefficient – коэффициент аэродинамического сопротивления, определяемый по формуле $A = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot C_{aero} \cdot S = 0,14125$,

где ρ – плотность воздуха (в расчете использована плотность воздуха для нормальных условий), S - площадь лобовой поверхности автомобиля;

slope resistance – коэффициент сопротивления наклона (приведенная сила тяжести к плоскости движения автомобиля) $F_{slope} = m \cdot g \cdot \sin \theta$, где θ – угол наклона плоскости дороги;

friction force – сила трения $F_f = \mu \cdot m \cdot g$, где g - ускорение свободного падения;

Ускорение автомобиля, вычисляется как отношение результирующей силы, действующей на автомобиль, к его массе $a = \frac{F_c - F_a - F_f - F_s}{m}$. После интегрирования получается скорость движения автомобиля, а повторное интегрирование позволяет получить пройденный путь [3-4].

Результаты моделирования показывают, как автомобиль реагирует на изменение скорости с учетом всех сил, действующих на него. На рисунке 2, показан график разгона автомобиля до заданной скорости в 100 км/ч.

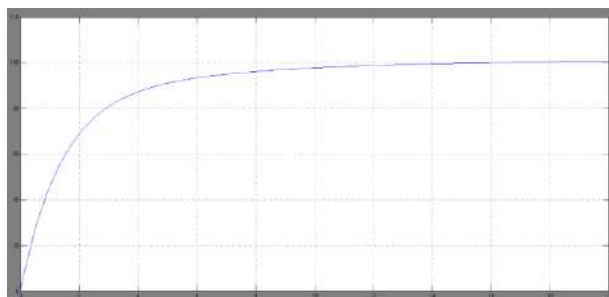


Рис.2. График разгона автомобиля

По графику видно, что время, за которое автомобиль разгоняется до заданной скорости, равняется 14 с, что соответствует времени разгона выбранного автомобиля – Лада гранта.

Источники

1. Ендачев, Д.В., Прогнозирование характеристик криволинейного движения беспилотного автомобиля: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.05.03 – Колесные и гусеничные машины - ФГУП «НАМИ», Москва, 2016г. – 185с.

2. Технические характеристики Лада гранта. [Электронный ресурс]. <https://www.lada.ru> (дата обращения: 28.02.23).

3. Бутаков В.М., Росляков А.В. Исследование ошибок электропривода постоянного тока с системой стабилизации скорости. В сборнике: Тинчуринские чтения - 2022 "Энергетика и цифровая трансформация". Сборник статей по материалам конференции. В 3-х томах. Казань, 2022. С. 356-358.

4. В.А. Адиняев, А.Н. Попов Разработка системы энергосберегающего управления силовой установкой электромобиля с тяговым асинхронным двигателем Инженерный вестник Дона, №12, 2020.

УДК 621.315.1

ОГРАНИЧЕНИЕ ОПАСНОГО СБЛИЖЕНИЯ ПРОВОДОВ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ПРИ ВЕТРЕ МЕТОДОМ УСТАНОВКИ ДЕМПФЕРНЫХ РАСПОРОК

О. Ндикурийо

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Д.А. Ярославский
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань , Россия
ndikuriyooser@gmail.com

В данной статье мы рассмотрим перспективы ограничения опасного схождения воздушных линий электропередач на ветру методом установки демпферных распорок. Решение данной задачи приведет к улучшению к надежности линии электропередач при исключении экономических и материальных потерь, вызванных опасным схождением под действием ветра.

Ключевые слова: демпферные распорки, воздушные линии электропередач, опасное схождение.

LIMITATION OF DANGEROUS PROXIMITY OF WIRES OF OVERHEAD POWER LINES DURING WIND BY THE METHOD OF INSTALLATION OF DAMPER STRUTS

O. Ndikuriyo

KSPEU, Kazan, Russia
ndikuriyooser@gmail.com

In this article, we will consider the prospects for limiting the dangerous convergence of overhead power lines in the wind by installing damper struts. The solution of this problem will lead to an improvement in the reliability of the power line while eliminating economic and material losses caused by dangerous convergence under the action of the wind.

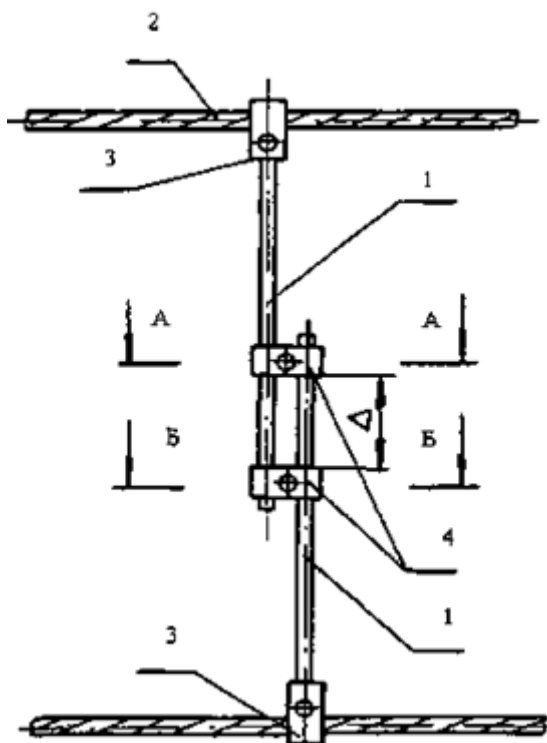
Keywords: damper struts, overhead power lines, dangerous convergence.

Одним из способов защиты ВЛ от опасного схождения электрических проводов является установка изолирующих стыков между

фазами.

Этот метод позволяет избежать изменения конфигурации линии по мере увеличения расстояния между проводами и особенно эффективен на больших пролетах [1].

Жесткие стержни не гасят колебательный процесс и могут вызывать колебания всех проводов как единой колебательной системы [1], вызывая большие динамические нагрузки на пролеты. Для расщепленных фаз разработаны и введены в конструкции распорки для обеспечения демпфирующего эффекта за счет введения в конструкцию элементов, способствующих рассеиванию энергии колебаний от высокочастотных проводов [2].



Распорка ВЛ 6-10 кВ

Такие распорки конструктивно сложны и применяются на ВЛ 6-10 кВ: неэкономично. Кроме того, низкочастотные колебания проволоки не могут быть достаточно демпфированы. Поэтому амортизатор был разработан с простой конструкцией, в которой элементы присутствуют одновременно. Он действует как амортизатор ударов и вибраций, ограничивая близость проводов [3].

Распорка ВЛ 6-10 кВ состоит из двух стеклопластиковых стержней 1, прикрепленных к проводам 2 хомутами 3 (жесткими или шарнирными).

Продольное взаимное перемещение стержней 1 друг относительно друга обеспечивается пластинчатыми фиксаторами 4, закрепленными каждый жестко на одном стержне 1 и свободно (с люфтом) на другом стержне 1.

Когда провода вибрируют с малой амплитудой, опорные стержни могут свободно двигаться, создавая шум при передаче энергии вибрации между проводами [4].

При колебаниях проводов с большой амплитудой стержни перемещаются до столкновения зажимов, предотвращая вибрацию и уменьшая изгибающие напряжения между стойками и подвесными и анкерными зажимами, которые влекут за собой потерю энергии при ударе [5].

С учетом теоремы Карно и исследований по защите от вибраций при ударе, потеря энергии в вибрирующих проводах позволяет прогрессивно уменьшить амплитуду колебаний или полностью их устранить.

Источники

1. Бирюлин В.И., Куделина Д.В. Разработка модели для анализа способов снижения несимметрии напряжений в системах электроснабжения. Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2022;24(2):72-85. <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2022-24-2-73-86>
2. Грабчак Е.П. Надежное электроснабжение – это приоритет для всех энергетиков // Энергетическая политика. 2021. №7 (161). С. 4-9. doi: 10.46920/2409-5516_2021_7161_4.
3. Wenxiang Chen, Yingna Li, Zhengang Zhao, "Transmission Line Vibration Damper Detection Using Deep Neural Networks Based on UAV Remote Sensing Image", Sensors, vol.22, no.5, pp.1892, 2022.
4. Чеботарь, Ф. И; Оценка воздействия ветровой нагрузки на условия работы сближенных проводов на участках между распорками СВЛ/ Ф. И. Чеботарь // Электропередачи с регулируемыми параметрами. -Кишинев, 1984.-С. 18-24.
5. Ratkowski, J. J. (1963). Experiments with galloping spans. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, 82(68), 661-669.

СТАБИЛИЗАЦИЯ ЧАСТОТЫ ЭЛЕКТРОМАШИННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

М.Б. Оморов

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент В.М. Бутаков

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

omorovmeder23@gmail.com

В статье рассматриваются особенности настройки системы стабилизации частоты электромашинного преобразователя, обеспечивающие заданные показатели качества процесса управления.

Ключевые слова: двигатель постоянного тока, синхронный генератор, система стабилизации частоты, стандартные настройки

FREQUENCY STABILIZATION OF THE ELECTRIC MACHINE CONVERTER

M.B. Omorov

KSPEU, Kazan, Russia

omorovmeder23@gmail.com

The article discusses the features of tuning the frequency stabilization system of an electric machine converter, which provide the specified indicators of the quality of the control process.

Keywords: DC motor, synchronous generator, frequency stabilization system, standard settings

Электромашинный преобразователь предназначен для преобразования постоянного напряжения в переменное. Конструктивно он представляет собой двигатель постоянного тока с полюсным управлением и синхронный генератор, выполненные в едином корпусе [2].

Структурная схема динамической модели системы стабилизации частоты синхронного генератора (ССЧСГ) показана на рис.1 [1].

Она состоит из измерительного усилителя с коэффициентом передачи $K_{иу}$, усилителя статического преобразователя с передаточной функцией $\frac{K_u}{T_{УСП}s + 1}$, осуществляющего широтно-импульсное преобразование управляющего сигнала, коэффициента передачи двигателя

постоянного тока $K_{дв}$, передаточной функции двигателя постоянного тока с полюсным управлением $\frac{1}{(T_M s + 1)(T_B s + 1)}$, коэффициента передачи синхронного генератора $K_{сг}$, коэффициента передачи K_1 по цепи возмущающего воздействия в виде момента нагрузки, передаточной функции $K_я(T_B s + 1)$ по цепи возмущающего воздействия в виде изменения напряжения на якоре [3].

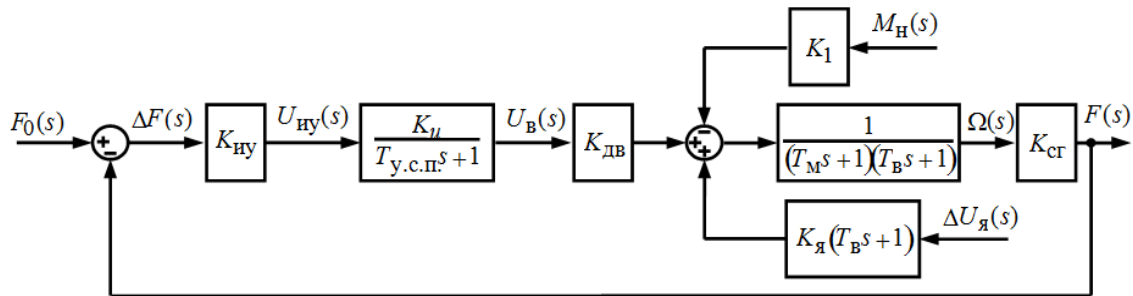


Рис. 1. Структурная схема системы стабилизации частоты синхронного генератора

В докладе подробно рассматривается синтез регулятора для настройки ССЧСГ на оптимум по модулю с целью компенсации больших постоянных времени, а также анализ полученных показателей.

Моделирование ССЧСГ с регулятором частоты производилось в среде моделирования Matlab-Simulink (рис.2) [4], в результате которого получены графики переходных характеристик по задающему и возмущающим воздействиям (рис.3) [2].

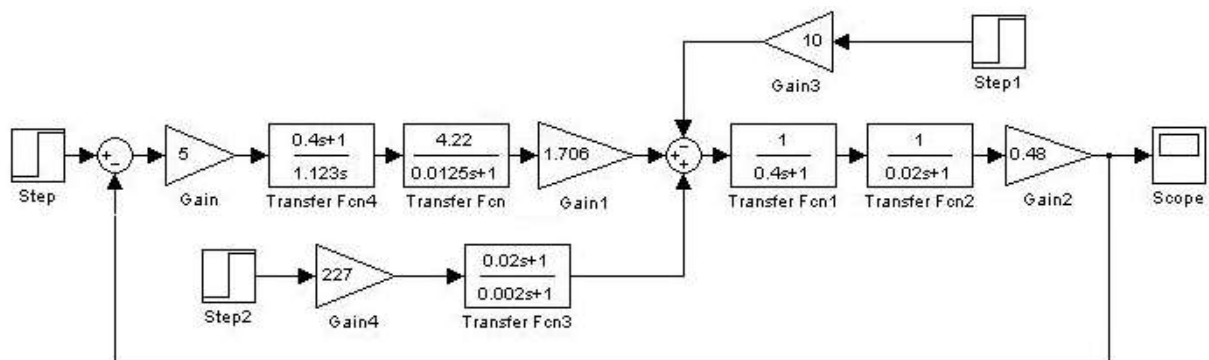


Рис. 2. Модель системы стабилизации частоты синхронного генератора

В результате анализа графиков переходных характеристик проведена оценка установившихся ошибок системы и сделаны следующие выводы:

–при постоянном моменте нагрузки и изменении напряжения на якоре установившаяся ошибка стремится к нулю;

–при линейно изменяющемся напряжении на якоре ошибка стремится к установившемуся значению.

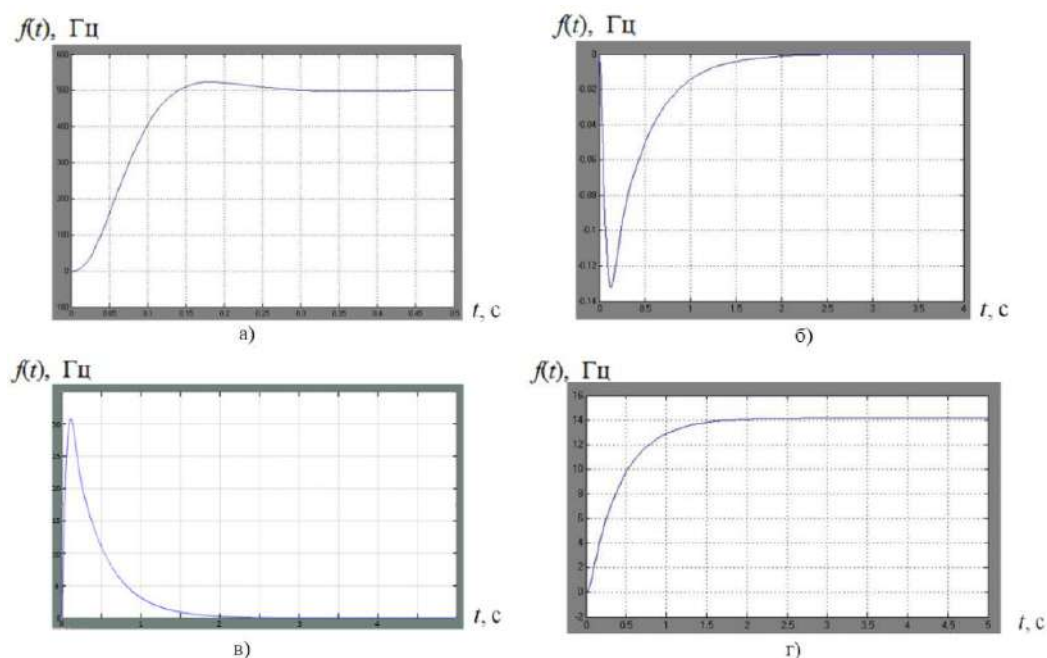


Рис. 3. Переходные характеристика ССЧСГ:

а – по задающему воздействию f_0 ; б – по моменту нагрузки M_H ;

в – при отработке ступенчатого изменения напряжения на якоре, $\Delta U_{\text{я}}=2\text{В}$;

г– при отработке линейно возрастающего напряжения на якоре $\Delta \dot{U}_{\text{я}} = 2\text{В/с}$

Для устранения ошибки, вызванной линейно изменяющимся напряжением на якоре, необходимо повысить порядок астатизма ССЧСГ, применив настройку на симметричный оптимум.

Источники

1. Бесекерский В. А., Попов Е. П. учеб. пособие. Теория систем автоматического регулирования. Изд. 4-е, перераб. и доп. – СПб, Изд-во «Профессия», 2004. – 752 с.

2. Системы автоматического регулирования и управления: Ч. 1. Практикум / В.М. Бутаков, П.П. Павлов. – Казань: КГЭУ, 2017. – 27 с.

3. 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.

4. Коновалов, Б. И. Теория автоматического управления: учебное пособие / Б. И. Коновалов, Ю. М. Лебедев. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2016. — 224 с.

5. Мещеряков В.Н., Сибирцев Д.С., Валтчев С., Грачева Е.И. Система управления частотным асинхронным синхронизированным электроприводом. Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2021;23(3):116-126.

УДК.621.50

ИНДУКЦИОННАЯ НАГРЕВАТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ НАГРЕВА ЖИДКОСТИ

И. Е. Пичкуров¹, Е. Е. Штемпель²

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент В.А. Данилушкин

^{1,2}ФГБОУ ВО "СамГТУ"

¹van4evich@mail.ru, ²eeshtempel44@mail.ru

В работе рассматриваются вопросы разработки индукционного устройства для нагрева потока жидкости в трубопроводной системе. Нагреватель состоит из двух осесимметричных труб, в зазоре между которыми протекает жидкость. Главной характеристикой, которая влияет на экономические показатели установки, служит частота тока. Она выбирается таким образом, чтобы во внешней и внутренней трубах выделялась одинаковая удельная поверхностная мощность. Используя это условие, определена оптимальная частота источника питания в зависимости от производительности, геометрических размеров нагревателя и материала труб.

Ключевые слова: индукционный нагрев, индуктор, частота, температура, теплообмен, мощность.

INDUCTION HEATING SYSTEM FOR HEATING LIQUID

I. E. Pichkurov¹, E.E. Shtempel²

^{1,2}SamSTU"

¹van4evich@mail.ru, ²eeshtempel44@mail.ru

The paper discusses the development of an induction device for heating the fluid flow in a pipeline system. The heater consists of two axisymmetric pipes, in the gap between which the liquid flows. The main parameter determining the heating efficiency is the frequency of the power supply, which ensures uniform distribution of heating power in both pipes of the

heater. Using this condition, the optimal frequency of the power supply is determined depending on the performance, the geometric dimensions of the heater and the pipe material.

Keywords: induction system, frequency, inductor, boundary conditions.

Индукционные нагревательные установки используются для нагрева нефти и нефтепродуктов. Нагреваемые жидкости в большинстве своем являются диэлектриками, поэтому использование индукционного нагревателя возможно только при наличии электропроводящей среды, т.е. если нагреваемая жидкость находится в металлической емкости или трубе [1, 2]. В этом случае стенка емкости или трубы служит в качестве источника тепла, выделяющегося в металле за счет вихревых токов. Отмеченные выше особенности необходимо учитывать при разработке конструкции нагревателя для неэлектропроводных жидкостей. Предлагаемая для этих целей индукционная нагревательная установка состоит из двух осесимметричных труб. В кольцевом зазоре между трубами прокачивается нагреваемая жидкость. Индуктор в виде катушки из медной изолированной шинки наматывается на внешнюю трубу через слой тепловой изоляции. Ток, протекающий по катушке, создает переменное электромагнитное поле, под действием которого в трубах возникают вихревые токи. Так как стенка трубы обладает сопротивлением, в ней выделяется тепло, которое передается в жидкость за счет теплопроводности. Чтобы полностью использовать площадь контакта жидкости с поверхностью труб, необходимо, чтобы и во внешней и во внутренней трубе выделялось одинаковая удельная поверхностная мощность. Чтобы выполнить это требование, необходимо рассчитать параметры источника питания. К ним относятся частота тока и напряжение. На величину удельной поверхностной мощности, выделяющейся в стенке трубы, влияют не только частота тока и напряжение, но и электрофизические характеристики материала труб. Чтобы электромагнитное поле частично проникало во внутреннюю стенку трубы, нужно, чтобы стенка внешней трубы была полупрозрачной для электромагнитной волны, создаваемой током, протекающим по катушке индуктора. Если заданы размеры нагревателя (диаметры труб), физические характеристики материала труб, полная мощность, подводимая к индуктору, определяется по известному соотношению [3].

$$P = c \cdot \gamma \cdot \Pi \cdot \Delta T + \Delta P_m,$$

где $\Pi = v \cdot S$ – производительность нагревателя, ΔT – приращение температуры на выходе из нагревателя, ΔP_m – тепловые потери с поверхности. Оптимальная частота, обеспечивающая равномерное

распределение мощности по трубам, определяется из условия, при котором мощность во внутренней трубе была равна половине полной мощности нагрева. В процессе разработки конструкции нагревателя определена зависимость оптимальной частоты тока индуктора от толщины стенки внешней трубы, выполненной из нержавеющей стали.

Источники

1. Губин В.Е. Губин В.В. Трубопроводный транспорт нефти и нефтепродуктов. М., Недра, 1982, 296 с.
2. Данилушкин В.А., Зубарев С.А., Васильев И.В. Применение систем индукционного нагрева в технологических комплексах подготовки и переработки нефти и нефтепродуктов. Материалы III-й Международной научно-практической конференции «Современные инновации в науке и технике», Курск, 2013г., С. 50–53.
3. Слухоцкий А.Е., Рыскин С.Е. Индукторы для индукционного нагрева машиностроительных деталей. Л.: Энергия, 1975. – 183 с.

УДК 681.513.3

МЕТОДЫ КОРРЕКЦИИ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗАМКНУТОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

А.В. Росляков

Науч. рук. старший преподаватель Л.Н. Киснеева
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
roslyakov3987@gmail.com

В статье рассмотрена оценка качества для двухконтурного электропривода постоянного тока с системой стабилизации скорости при различных сочетаниях стандартных настроек.

Ключевые слова: электропривод, контур тока, контур скорости, стандартные настройки.

METHODS OF CORRECTION OF DYNAMIC PROPERTIES OF A CLOSED ELECTRIC DRIVE

A.V. Roslyakov

KSPEU, Kazan, Russia
roslyakov3987@gmail.com

The article considers the quality assessment for a two-circuit DC electric drive with a speed stabilization system with various combinations of standard settings.

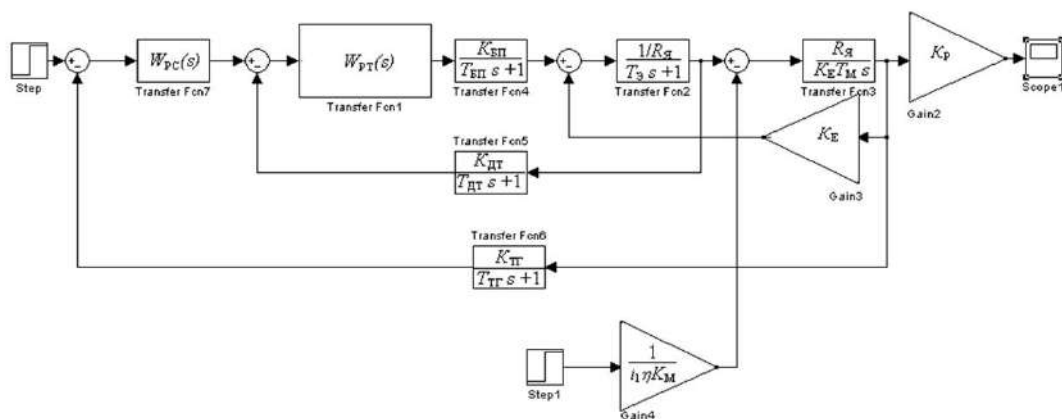
Keywords: electric drive, current loop, speed loop, standard settings.

Для коррекции систем автоматического регулирования применяют настройку на технический оптимум (1) и настройку на симметричный оптимум (2).

$$W(s) = \frac{1}{2T_{\Sigma}s(T_{\Sigma}s + 1)}; \quad (1)$$

$$W(s) = \frac{(4T_{\Sigma}s + 1)}{8(T_{\Sigma})^2 s^2 (T_{\Sigma}s + 1)}; \quad (2)$$

Проведем оценку качества настройки электропривода. На рисунке представлена модель электропривода постоянного тока, состоящая из двух контуров (контура тока и контура скорости). Необходимо провести исследование влияния различных сочетаний их стандартных настроек на качество регулирования [1,2].



Модель электропривода

При моделировании электропривода в программе Simulink для возможных комбинаций стандартных настроек контуров при различных видах задающих воздействий получены результаты, которые приведены в таблице.

При ступенчатом задающем воздействии для всех вариантов настроек установившаяся ошибка сводится к нулю.

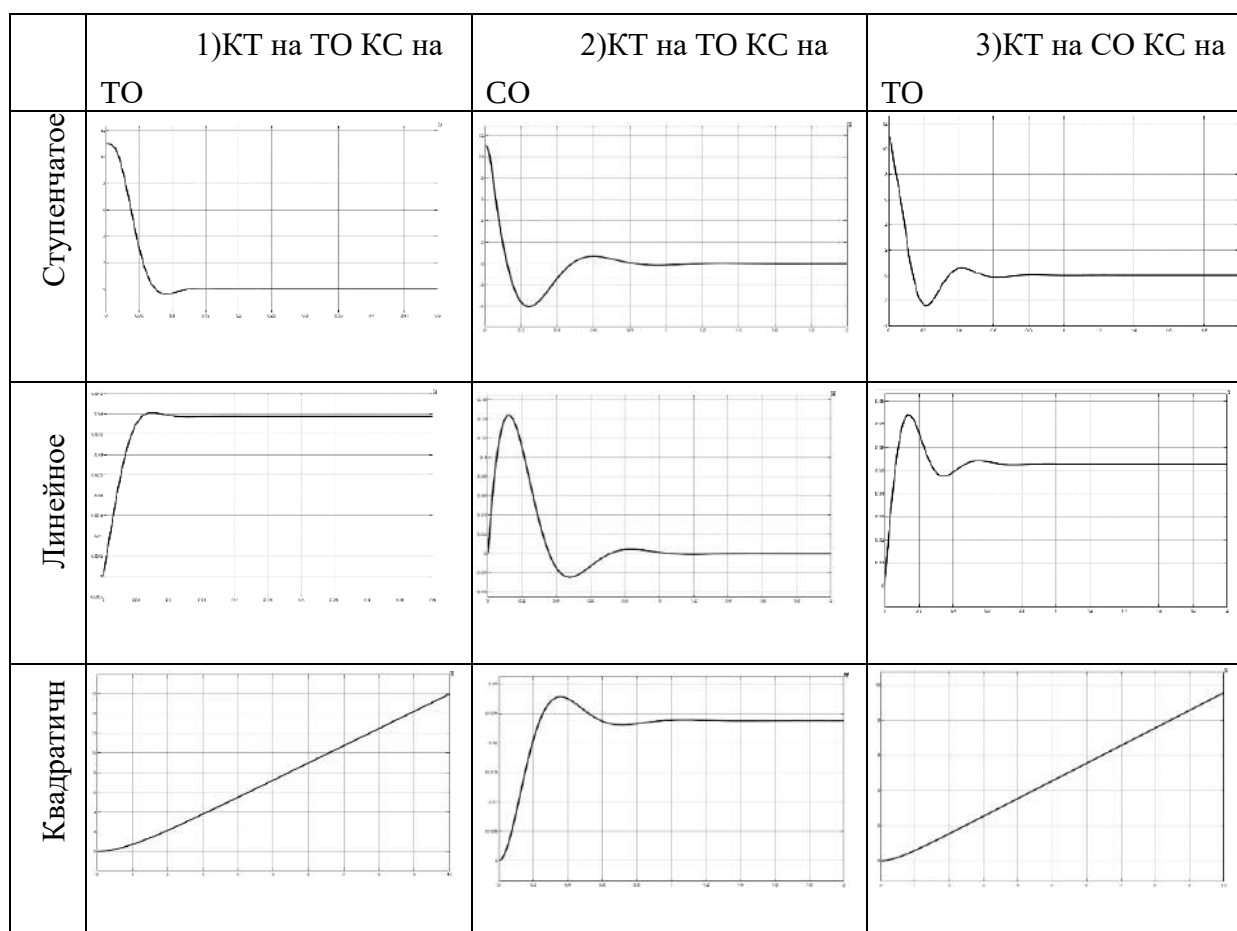
Настройка внутреннего контура (тока) на технический оптимум, а внешнего контура (скорости) на симметричный оптимум обеспечивает наилучшие результаты для линейно возрастающего воздействия. В этом случае установившаяся ошибка сводится к нулю [3].

Когда на электропривод подается квадратично возрастающее воздействие, оптимальной настройкой контура тока будет настройка на

технический оптимум, а контура скорости – на симметричный оптимум. Только в этом случае система будет работать корректно.

Основываясь на результатах исследования, можно сделать вывод, что настройка контура тока на технический оптимум и контура скорости на симметричный оптимум будет наилучшей для электропривода с системой стабилизации скорости, поскольку при ступенчатом и линейном задающем воздействии ошибка отсутствует, а при квадратичном задающем воздействии ошибка принимает установившееся значение.

Графическое сравнение стандартных настроек



Источники

1. 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.

2. Бутаков В.М., Гатин Б.Ф., Хрисанов А.А. Настройка замкнутого электропривода на симметричный оптимум // Проблемы и достижения в

науке и технике: Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 3. – Омск, 2016. – с. 175–177.

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 621.313

ВЫБОР ВАРИАНТА РАЗМЕЩЕНИЯ ЗАРЯДНОЙ СТАНЦИИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ

Н.А. Салимов¹, Н.М. Назипов², А.И. Мархабин³

Науч. рук. старший преподаватель О.А. Филина

^{1,3}ФГБОУ ВО КГЭУ, г. Казань

²Филиал АО СО ЕЭС РДУ Татарстана, г.Казань, Россия

¹Nail.salimov.2020@mail.ru, ²nazipov_nafis@mail.ru, ³marchabin@mail.ru

В статье показан расчет системы тягового электроснабжения, представляющий собой технико-экономическую задачу, при решении которой намечается размещение зарядных станций, определяется их мощность, производится выбор типа и числа агрегатов.

Ключевые слова: зарядные станции, загруженное плечо, баланс токов.

SELECTING THE OPTION OF PLACING THE CHARGING STATION OF THE ELECTRIC VEHICLE

N.A. Salimov¹, N.M. Nazipov², A.I. Markhabin³

^{1,3}KSPEU, Kazan

²RDO Tatarstan, Kazan, Russia

¹Nail.salimov.2020@mail.ru, ²nazipov_nafis@mail.ru, ³marchabin@mail.ru

The article shows the calculation of the traction power supply system, which is a technical and economic problem, in the solution of which the placement of charging stations is planned, their power is determined, the type and number of units are selected.

Keywords: charging stations, loaded shoulder, current balance.

Число зарядных станций можно определить следующим образом:

$$n_1 = \frac{L}{l_{cp}} + 1 \quad (1)$$

$$n_2 = n_1 - 1 \quad (2)$$

$$n_3 = n_1 + 1 \quad (3)$$

При каждом n возможно несколько вариантов размещения зарядных станций и выбирается оптимальный из них.

Теоретической основой оптимизации варианта является функция приведенных затрат $З_{пр}$ от расчетного расстояния между зарядными станциями $l_{ср}$ (рис. 1).

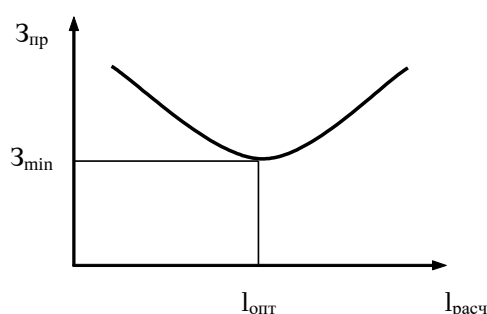


Рис. 1. Выбор оптимального варианта размещения тяговых подстанций

Кроме приведенных затрат (суммы капитальных вложений и эксплуатационных расходов с учетом коэффициента эффективности) необходимо учитывать технический фактор — целесообразность сооружения зарядных станций в местах, где всем автомобилям предусматриваются остановки и имеют место большие токи для трогания [1].

При удалении станций от мест наибольшего потребления электрической энергии будут существенные потери напряжения и мощности; социальный фактор — необходимость размещения зарядных станций по возможности в населенных пунктах, где наибольшее скопление людей.

Задача оптимального размещения зарядных станций решается методом сравнения вариантов.

Расчет мощности зарядной станции переменного тока производится по току наиболее загруженной фазы $I_{фз}$ (рис. 2).

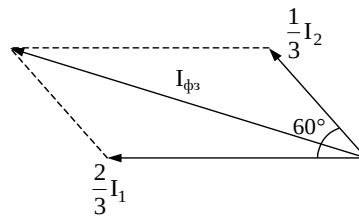


Рис. 2. Векторная диаграмма тока наиболее загруженной фазы зарядной станции

На векторной диаграмме (см. рис. 2) показано, что ток наиболее загруженной фазы равен геометрической сумме одной третьей тока менее загруженного плеча I_2 и двух третьей тока более загруженного плеча I_1 зарядной станции [2].

Следовательно, ток наиболее загруженной фазы можно определить как

$$I_{\phi з} = \frac{1}{3} \sqrt{4I_1^2 + I_2^2 + 2I_1I_2} \approx \frac{1}{3} (2I_1 + 0,65I_2) \quad (4)$$

$$I_1 = \frac{W'}{24U} \quad (5)$$

$$I_2 = \frac{W''}{24U} \quad (6)$$

где W', W'' – расход электрической энергии за сутки по наиболее загруженному и наименее загруженному плечам питания зарядной станции соответственно.

С учетом неравномерности движения в пределах суток, неравномерности нагрузок фаз, потерь электрической энергии в контактной сети, районной нагрузки мощность трансформатора тяговой подстанции можно определить по выражению [3]:

$$S_m = 3UI_{\phi з} \kappa_{\phi} \kappa_c \kappa_{нер} + \kappa_0 S_p \quad (7)$$

где κ_{ϕ} – коэффициент, учитывающий отвод тепла от более загруженной и менее загруженной обмоток через масляную ванну и магнитопровод, $\kappa_{\phi}=0,9$; κ_c – коэффициент, учитывающий потери электрической энергии в контактной сети, $\kappa_c=1,05$ – для постоянного тока и $\kappa_c=1,03$ – для переменного; $\kappa_{нер}$ – коэффициент неравномерности движения электромобилей и электробусов в течение суток; κ_0 –

коэффициент, учитывающий долю участия районной нагрузки в суточном максимуме потребления электрической энергии, $k_0=0,57$; S_p – мощность районной нагрузки.

Источники

1. Гатиятуллин Т.А., Головин К.А., Росляков А.В. Специфические особенности диагностирования оборудования СЭУ // В сборнике: Научное и образовательное пространство в условиях вызовов современности. Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Чебоксары, 2023. С. 154-156.

2. Аухадеев А.Э., Павлов П.П., Литвиненко Р.С., Филина О.А., Ле К.Т., Вахитов Х.Ф., Абдуллина А.Р. Программа для системы автоматизированного управления режимами работы тяговых электродвигателей транспортных средств городского электрического транспорта // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2022618870, 18.05.2022. Заявка № 2022618163 от 05.05.2022.

3. Khusnutdinov A.N., Cherepen'kin I.V., Minazov M., Filina O.A., Lazarev P.S., Khusnutdinova E.M. Investigation of reactive power parameters in the elements of the power supply system // В сборнике: Proceedings of the 2022 4th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering, REEPE 2022. 4. 2022.

УДК 62-833

СОВРЕМЕННЫЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Р.Р. Саяхиев

Науч. рук. доцент А.Н. Хуснутдинов

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

salyakhiev@mail.ru

В тезисе рассмотрены перспективные электроприводы, применяемые в современном электромобильном транспорте в массовом сегменте в РТ. Проведен анализ уже существующих электроприводов, представлены основные недостатки и преимущества.

Ключевые слова: электропривод, электромобиль, силовая цепь, элемент питания, обслуживание, запас хода, эффективность.

MODERN ELECTRIC DRIVES OF ELECTRIC VEHICLES

R.R. Salyakhiev
KSPEU, Kazan, Russia
salyakhiev@mail.ru

The article promising electric drives used in modern electric transport in the mass segment in the Republic of Tatarstan. The analysis of already existing electric drives is carried out, the main disadvantages and advantages are presented.

Keywords: electric drive, electric car, power circuit, battery, maintenance, power reserve, efficiency.

В современных электромобилях используются различные типы электроприводов, которые отличаются применяемыми электродвигателями. Три основных типа двигателей, которые используются в современных электромобилях, это классический асинхронный двигатель, синхронный электродвигатель на постоянных магнитах и синхронный электродвигатель с обмоткой возбуждения. [1], [5], [4].

Все три типа двигателей состоят из двух частей - статора и ротора. В статоре под воздействием электрического тока, получаемого от инвертора, возникает вращающееся электромагнитное поле, которое в свою очередь создает в роторе электродвижущую силу, вызывающую крутящий момент, противоположный моменту статора. [1], [2], [3].

Асинхронный двигатель получил свое название из-за отставания частоты вращения магнитного поля ротора от поля статора. Коэффициент полезного действия такого двигателя достигает 90%. Он отличается от других двигателей тем, что имеет небольшой вращающий момент при пуске, но несмотря на это, данный вид достаточно широко распространен в электроприводах. Его преимуществами являются низкая стоимость и отсутствие редкоземельных металлов, а недостатками – низкая удельная мощность при пересчете на габариты и потребность в интенсивном охлаждении. [1], [2], [3].

В синхронном электродвигателе на постоянных магнитах в качестве статора используются магниты из редкоземельных металлов, что существенно уменьшает габариты. Коэффициент полезного действия такого двигателя колеблется в пределах от 93% до 95%. Он отличается от асинхронного двигателя тем, что обладает высокой эффективностью, не

требует интенсивного охлаждения и имеет высокий показатель мощности относительно габаритов, но также имеет высокую стоимость производства и постепенно уменьшает магнитные свойства статора. [1], [2], [3].

Устройство синхронного электродвигателя с обмоткой возбуждения схоже с асинхронным, за исключением наличия щеток и обмотки возбуждения. Магнитное поле статора и ротора вращаются с одинаковой частотой. Преимущества: высокий КПД, низкая стоимость, более простой процесс регулирования вращения по сравнению с предыдущим двигателем. Недостатки: постепенное изнашивание щеток, что приводит к необходимости контроля их состояния. [1], [2], [3].

Таким образом, выбор электродвигателя для электромобиля зависит от многих факторов, включая эффективность, стоимость, габариты и долговечность. В целом, синхронный электродвигатель на постоянных магнитах может считаться лучшим выбором для электромобилей, если учитывать высокий КПД, отсутствие необходимости в интенсивном охлаждении, высокий показатель мощности относительно габаритов и проще процесс регулирования вращения. Однако, следует учитывать все факторы и требования при выборе наиболее подходящего типа электродвигателя для конкретной модели электромобиля.

Источники

1. Теория наземных транспортных средств. Тяговый расчет электромобиля: учебное пособие / А.Г. Уланов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2018. – 389 с. (дата обращения: 28.02.2023).
2. Пермский университет // [официальный сайт]. URL: http://www.psu.ru/files/docs/fakultety/fil/Kaf_zhurnalistiki/oformlenie-ssylok-i-bibliografii-2016.pdf (дата обращения: 28.02.2023)
3. Как устроен электромобиль/ [Интернет-СМИ] // 22 сентября 2021. URL: <https://mag.auto.ru/article/kak-ustroen-elektromobil> (дата обращения: 01.03.2023).
4. Выбор электродвигателей для электромобилей и гибридных автомобилей/ [Интернет-ресурс] // 3 октября 2016. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vybor-elektrodvigatelay-dlya-elektromobiley-i-gibridnyh-avtomobiley> (дата обращения: 01.03.2023).
5. Сафин А.Р. Тяговые электродвигатели для электромобилей, не содержащие редкоземельные элементы // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2021. – Т. 13. – №. 1. – С. 16-36.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО УЧЕБНО-ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСА БЕСПИЛОТНОЙ ПЛАТФОРМЫ ДИАГНОСТИКИ ПОДСТАНЦИЙ ОТКРЫТОГО ИСПОЛНЕНИЯ

Б.И. Сафиуллин¹, Х.Ф. Вахитов²

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Э. Аухадеев

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹gougle2011@yandex.ru, ²lilah20@mail.ru

Одной из главных задач энергетических сетевых предприятий является бесперебойная подача электроэнергии как для крупных предприятий с непрерывным циклом производства, так для потребителей первой категории, такие, как больницы и транспортные системы, где перебой с электроснабжением может привести к несчастным случаям. Одним из методов предотвращения перебоев подачи электроэнергии является своевременная диагностика (контроль технического состояния) электрооборудования, установленного на подстанции. Применение роботизированных беспилотных систем позволит автоматизировать и ускорить процесс диагностики за счет проведения непрерывного обхода.

Ключевые слова: беспилотная платформа, автономная система, диагностика подстанций, высокое напряжение.

DESIGN OF A UNIVERSAL EDUCATIONAL AND LABORATORY COMPLEX OF UNMANNED PLATFORM DIAGNOSTICS OF OPEN-EXECUTION SUBSTATIONS

B.I. Safiullin¹, H.F. Vakhitov²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

¹gougle2011@yandex.ru, ²lilah20@mail.ru

One of the main tasks of energy grid companies is the uninterrupted supply of electricity both for large enterprises with a continuous production cycle, and for consumers of the first category, such as hospitals and transport systems, where a power outage can lead to accidents. One of the methods to prevent interruptions in the supply of electricity is the timely diagnostics (monitoring of the technical condition) of the electrical equipment installed at the substation. The use of robotic unmanned systems will automate and speed up the diagnostic process by conducting a continuous round.

Keywords: unmanned platform, autonomous system, diagnosis of substations, high voltage.

Для и своевременного диагностирования оборудования, с целью предотвращения перебоев поставки электроэнергии [1], предлагается применение роботизированных автоматических систем диагностики, позволяющих производить диагностику в удаленном режиме, без участия оперативного персонала непосредственно на территории самой подстанции.

Учебно-лабораторный комплекс беспилотной платформы (далее платформа) предназначен для следующих задач: диагностика подстанций открытого типа и организация обучения студентов по профилю «Электромобильный и беспилотный транспорт». На основе поставленных задач были разработаны следующие технические требования к комплексу, а именно: платформа должна иметь систему автономного питания большой емкости для работы не менее 12 часов, с возможностью подключения внешнего оборудования и преобразователей для них; привод на основе мотор-колес с системой независимого положения, необходимого для обеспечения высокой маневренности на узких участках; систему машинного зрения на основе видеокамер и лидаров [2]; общую систему управления и связи для организации сбора, обработки и передачи данных на удаленный пульт управления. На основе указанных технических требований была разработана и собрана платформа.

Для навигации и определения положения в пространстве применяются инерциальная система и система лидаров. Применение данных систем позволяет применить систему автоматического передвижения, в которой система лидаров определяет положение в пространстве за счет построения трехмерного изображения окружающего пространства [2, 4], а инерциальная система дополняет её, указывая расположение относительно сторон света и горизонта [3].

В качестве центрального контроллера применяется специализированный компьютер Jetson AGX Xavier, в основе программного обеспечения которого установлена система Линукс. Данный фактор позволяет установить отечественные операционные системы и программное обеспечение. Так же данный контроллер имеет аппаратные средства, такие как ядра CUDA (Compute Unified Device Architecture), установленные непосредственно в процессор. Данные ядра необходимы для обработки видеопотока и реализации программ, связанных с машинным зрением, как, например, распознавание образов [4].

На сегодняшний день собрана электромеханическая часть платформы, разработано программное обеспечение (ПО) для реализации ручного и полуавтоматического управления (система управления, при

которой оператор имеет возможность вмешаться в траекторию движения). В дальнейшем планируется разработка ПО автоматического управления (система управления, при которой оператор имеет возможность вмешаться только в экстренных случаях) и установка диагностического оборудования подстанций.

Источники

1. Ившин И.В., Галяутдинова А.Р., Владимиров О.В., Низамиев М.Ф., Карпов Е.Н., Мельник Э.П. Интеллектуальная система оценки технического состояния трансформаторной подстанции 35/6(10) кВ. Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2022;24(2):24-35. <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2022-24-2-24-35>

2. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022618869 Российская Федерация. Программа для контроля и регистрации параметров дальномерного комплекса транспортного средства городского электрического транспорта с функцией беспилотного управления : № 2022618162 : заявл. 05.05.2022 : опубл. 18.05.2022 / П. П. Павлов, А. Э. Аухадеев, Р. С. Литвиненко [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет». – EDN GBHTTC.

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022619533 Российская Федерация. Программа для контроля и регистрации параметров инерциальной системы навигации беспилотного транспортного средства городского электрического транспорта : № 2022618149 : заявл. 05.05.2022 : опубл. 23.05.2022 / П. П. Павлов, Р. С. Литвиненко, А. Э. Аухадеев [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет». – EDN VJSNPS.

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022619534 Российская Федерация. Программа для системы автоматизированного контроля и регистрации технологических параметров мобильных электротехнических комплексов транспортного назначения : № 2022618934 : заявл. 05.05.2022 : опубл. 23.05.2022 / А. Э. Аухадеев, П. П. Павлов, Р. С. Литвиненко [и др.] ; заявитель ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет». – EDN FCQRLD.

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ БЕСПИЛОТНОГО ДВИЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ МЕТРОПОЛИТЕНА

Э.Ф. Семенова

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Н. Хуснутдинов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

Semlikaf@mail.ru

Целенаправленная политика развитых стран по глобальной трансформации современных транспортных систем на основе беспилотного транспорта, определяет необходимость переходу к новому технологическому укладу, особенностью которого станет цифровизация транспортной отрасли. В статье рассматриваются актуальные вопросы развития технологий беспилотного общественного транспорта на примере Казанского метрополитена.

Ключевые слова: технологии беспилотного движения, беспилотные транспортные средства, городской пассажирский транспорт, метрополитен.

DEVELOPMENT OF UNMANNED TRAFFIC TECHNOLOGIES IN THE METRO SYSTEM

E.F. Semenova

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

Semlikaf@mail.ru

The purposeful policy of developed countries on the global transformation of modern transport systems based on unmanned transport determines the need for a transition to a new technological order, the feature of which will be the digitalization of the transport industry. The article deals with topical issues of the development of unmanned public transport technologies on the example of the Kazan metro.

Keywords: technologies of unmanned traffic, unmanned vehicles, urban passenger transport, metro.

Во многих метрополитенах мира поезда ходят вообще без непосредственного участия машинистов. Но, несмотря на то, что состав подземки может двигаться на автопилоте, человек в кабине чаще все же присутствует, поэтому людей в метро новинка особо не шокирует. Многие

эксперты говорят, что в системе автопилота существует именно психологическая проблема для пассажиров.

Пассажиры относятся настороженно к поездам, в которых вообще нет машинистов. Например, в Нюрнберге люди стали доверять полностью автоматическим поездам только через несколько лет их успешной эксплуатации. В настоящее время существует несколько уровней автоматизации поездов. Они отличаются той ролью, которую выполняет персонал поезда.

В России подобную систему полного автопилота в поездах пока не позволяет ввести нормативная база. По словам председателя союза пассажиров, сейчас по нормативам нельзя запустить поезд без машиниста. Кроме того, система должна быть как следует разработана: везде должны быть установлены камеры видеонаблюдения [1-3].

Анализ инвестиционной активности показывает существенный рост общего объема инвестиций в производство беспилотного транспорта и интеллектуальной инфраструктуры, обеспечивающего его стабильное и надежное функционирование. Принятие стратегии цифровой трансформации, использование искусственного интеллекта, а также интеграция «умной» инфраструктуры и «умного» транспорта в систему пассажирских перевозок потребуют развития целого ряда сопутствующих технологий, глубокой модернизации существующих и создания новых производств для широко спектра отраслевых задач: производство беспилотных транспортных средств и систем машинного зрения, организация энергетической и информационной инфраструктуры, обеспечение киберзащищенности др [4].

Развитие технологий беспилотного движения общественного транспорта целесообразно начинать с закрытых, изолированных от общего транспортного потока систем, таких как метрополитен, что позволяет реализовать беспилотное вождение наиболее эффективно и безопасно. Внедрение дистанционного интеллектуального управления и контроля параметров движения с передачей данных о состоянии электропоезда, позволяет реализовывать оптимальные режимы работы тягового электропривода, что приводит к увеличению ресурса электротехнического и механического оборудования подвижного состава, а также существенной экономии электроэнергии, расходуемой на тягу [5].

Казанский метрополитен, является самым современным в России, обладает инновационной инфраструктурой и эксплуатирует новые модели подвижного состава. Метро Казани демонстрирует высокие темпы роста пассажиропотока [1]. В Казанском метрополитене активно внедряются

системы комплексной безопасности на транспорте. Первыми в России реализован объединенный центр диспетчерского управления и внедрена автоматизированная система, позволяющая осуществлять движение электропоезда без участия машиниста, за которым остается только функции контроля за работой автоматики.

Все это определяет готовность Казанского метрополитена к реализации проекта по организации беспилотного движения общественного транспорта, результаты которого могут быть в дальнейшем транслированы на другие системы метрополитена городов России.

Проект по внедрению беспилотного метро является драйвером развития инновационных наукоемких технологий не только транспортной, но и связанных с ней смежных отраслей, необходимых для устойчивого опережающего экономического развития РТ и РФ.

Важность проекта определяет необходимость использование комплексного подхода к его реализации, т.к. основной целью является не просто внедрение беспилотного движения на Казанском метрополитене, а разработка методологической и технологической основы для развития целой отрасли «умного» транспорта и «умной» инфраструктуры.

Опыт реализации пилотных проектов в данной области ляжет в основу правовой базы, производственных и образовательных стандартов. Особое внимание необходимо уделить вопросу разработки новой и актуализации существующей нормативно-технической и правовой базы в области беспилотного транспорта, которая в настоящее время практически отсутствует.

Источники

1. Абдулхаков А.К., Павлов П.П., Аухадеев А.Э. К вопросу о развитии технологий беспилотного движения в системе метрополитена // Международный форум KDW – 2021. Т 1. Казань, 2021. С. 13-191.
2. Закон Республики Татарстан от 17 июня 2015 года N 40-ЗРТ "Об утверждении Стратегии социально-экономического развития Республики Татарстан до 2030 года".
3. Приказ Министерства транспорта РФ от 21 декабря 2018 года N 468 «Об утверждении Типовых правил технической эксплуатации метрополитена».
4. Sabitov L.S., Ilyushin O.V., Aukhadayev A.E., Idiyatullin R.G., Litvinenko R.S., Kisneeva L.N., Khusnutdinov A.N. Reliability study for traction electrical equipment of urban electric transport. В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. 012048.

5. Баранов Л. А. Беспилотная система управления движением поездов как составляющая цифровизации городского транспорта // Автоматика на транспорте. – 2019. – Т. 5. – №. 4. – С. 441-449.

УДК 519.873+114.2

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ СТРУКТУРЫ ПРИ ВИРТУАЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЯХ

В.А. Сунин¹, К.Д. Урванцев²

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Р.С. Литвиненко

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹suninvladimir@yandex.ru, ²tashchilov@bk.ru

В статье рассмотрен один из самых продуктивных методов анализа виртуальных испытаний – имитация факторов окружающей среды. Также был рассмотрен один из сложнейших параметров имитации расхождения значений аппарата от проектных.

Ключевые слова: электронный двойник, имитация, виртуальные испытания, отклонения параметров, повышение качества.

ANALYSIS OF METHODS FOR INCREASING STRUCTURE RELIABILITY INDICATORS DURING VIRTUAL TESTS

V.A. Sunin¹, K.D. Urvantsev²

^{1,2}KSPEU, Kazan

¹suninvladimir@yandex.ru, ²tashchilov@bk.ru

The article considers one of the most productive methods for the analysis of virtual tests - imitation of environmental factors. Also, one of the most difficult parameters for simulating the discrepancy between the values of the apparatus from the design ones was considered.

Keywords: Electronic twin, simulation, virtual tests, parameter deviations, quality improvement.

Соответствие образа обуславливаются перспективой имитировать основополагающие условия реальности, располагающие независимым характером: внешние влияния окружающей среды, расхождение параметров аппарата от проектных значений. По итогу возникает

вероятность учета персональных специфик определенного агрегата, которые появляются при производстве. Веское воздействие проявляет дисперсия параметров одиночного проверяемого аппаратов [1,2]. При виртуальных испытаниях применяется подуровень, имитирующий естественное отклонение от математической модели и параметров, помогающих приблизить виртуальный макет к реалистичным условиям эксплуатации (см. рис.1).

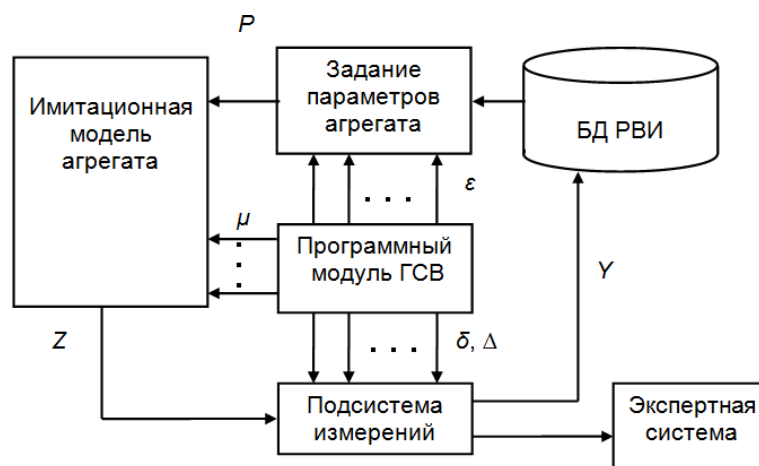


Схема имитационной модели

Где БД РВИ – база данных результатов виртуальных испытаний; ГСВ – генерация случайных величин.

Результирующий итог такой схемы можно выразить следующим образом:

$$Y_D = F(X, P, W) \quad (1)$$

Здесь: P – параметры систем исполнений аппарата; X – измеряемые показатели системы; W – внутреннее состояние аппарата.

Начальное значение функции X :

$$X^{ном} = X \prod_{i=1}^K S_i \quad (2)$$

где S_i – показатель чувствительности метрологических приспособлений;

X – значение на входе

Следовательно среднеарифметическое значения случайного воздействия:

$$\varepsilon = X^{ном} - X_{изм} \quad (3)$$

Учитывая, что множители δ_i и Δ_i – незначительны мультипликативная (δ) также как аддитивная (Δ) компонента погрешности имеют вид [3]:

$$\delta = \sum_{i=1}^K \delta_i \quad (4)$$

$$\Delta = \sum_{i=1}^K \left(\Delta_i \prod_{j=1}^K S_j \right) \quad (5)$$

Основная часть исследуемого в статье принципа имитации факторов окружающей среды заключается в генерации вероятностных показателей δ_i и Δ_i , рассмотренных выше (4), (5) [4,5].

Источники

1. 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.
2. Методика определения интегрального показателя надежности разрабатываемой электротехнической системы / Р. С. Литвиненко, А. Э. Аухадеев, Б. И. Сафиуллин [и др.] // Электротехнические системы и комплексы. – 2021. – № 1(50). – С. 50-57. – DOI 10.18503/2311-8318-2021-1(50)-50-57.
3. Орлов, С. П. Виртуальные испытания агрегатов для виртуального ввода в производство роботизированного автомобиля / С. П. Орлов, Е. Е. Бизюкова, А. Е. Яковлева // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2021. – Т. 29, № 1(69). – С. 46-57. – DOI 10.14498/tech.2021.1.4.
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.
5. Филина О. А. и др. Повышение надежности усовершенствованного щеточно-коллекторного узла электродвигателя постоянного тока подвижного состава //Вестник Пермского национального

исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2020. – №. 33. – С. 46-60.

УДК 621.313

ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ЗАРЯДКИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Р.Э. Талипов¹, Р.А. Марданшина²

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Н. Хуснутдинов

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

^{1,2}Talipov2000@mail.ru

В статье представлены типы подключения электромобилей к сети, а также метод беспроводной зарядки. Также рассматривается развитие беспроводной передачи энергии и различные формы ее использования. При развертывании динамических или статических беспроводных зарядных устройств в реальном мире необходимо тщательно оценить экологичность, финансовые и производительность с точки зрения эффективности, устойчивости и надежности.

Ключевые слова: беспроводная зарядка, технологии хранения энергии, солнечная энергия, фотоэлектрическая система.

STUDY ON WAYS TO CHARGE ELECTRIC VEHICLES

R.E. Talipov¹, R.A. Mardanshina²

^{1,2}KSPEU, Kazan

^{1,2}Talipov2000@mail.ru

The article presents the types of connection of electric vehicles to the network, as well as the method of wireless charging. The development of wireless energy transmission and various forms of its use are also considered. When deploying dynamic or static wireless chargers in the real world, it is necessary to carefully evaluate environmental friendliness, financial and performance in terms of efficiency, sustainability and reliability.

Keywords: wireless charging, energy storage technologies, solar energy, photovoltaic system.

В связи с растущим спросом потребителей во всем мире потребность в производстве электроэнергии возросла. В то же время рост цен на природный газ и нормативный акцент на ограничение выбросов парниковых газов

увеличили затраты на производство электроэнергии с использованием ископаемого топлива.

Наиболее распространенным и безопасным методом зарядки электромобиля является провод, подключенный к промышленной сети; однако в последнее время большое внимание уделяется использованию возобновляемых источников энергии, таких как солнечная энергия, в качестве источника энергии для технологии беспроводной передачи энергии [1]. Структура зарядных станций, а также их проблемы и потенциальные решения представлены ниже.

На рисунке 1 показан принцип заряда электромобиля по беспроводной сети с помощью солнечной батареи.

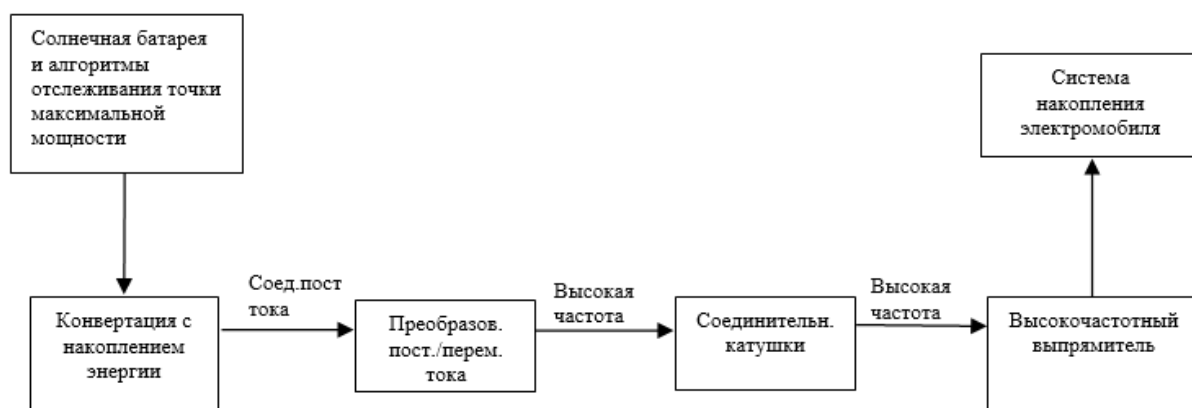


Рис. 1. Принцип беспроводной зарядки на базе солнечной панели

Основной проблемой при передаче энергии являются потери, влияющие на эффективность системы, следовательно, для создания резонансов используется несколько резонансов, и лучшим из них является LCC-резонанс [2]. Использование различных спиральных структур, которые можно назвать кольцевой структурой, вместо стандартных позволяет повысить эффективность до 90%.

Также невозможно получить максимальную мощность от солнечных панелей из-за погодных условий, теней, расположения солнца относительно солнечных панелей и других переменных. Получать максимальную мощность от солнечных панелей, используя алгоритмы отслеживания точки максимальной мощности.

Явление, с помощью которого лучистая энергия солнца преобразуется в электричество без использования механических механизмов, называется фотоэлектрическим явлением. Как правило, фотоэлектрические системы

подразделяются на две группы в зависимости от их применения: сетевые установки и автономные установки [3].

На рисунке 2 представлены солнечные зарядные станции с включенной системой хранения энергии (а) и без (б).

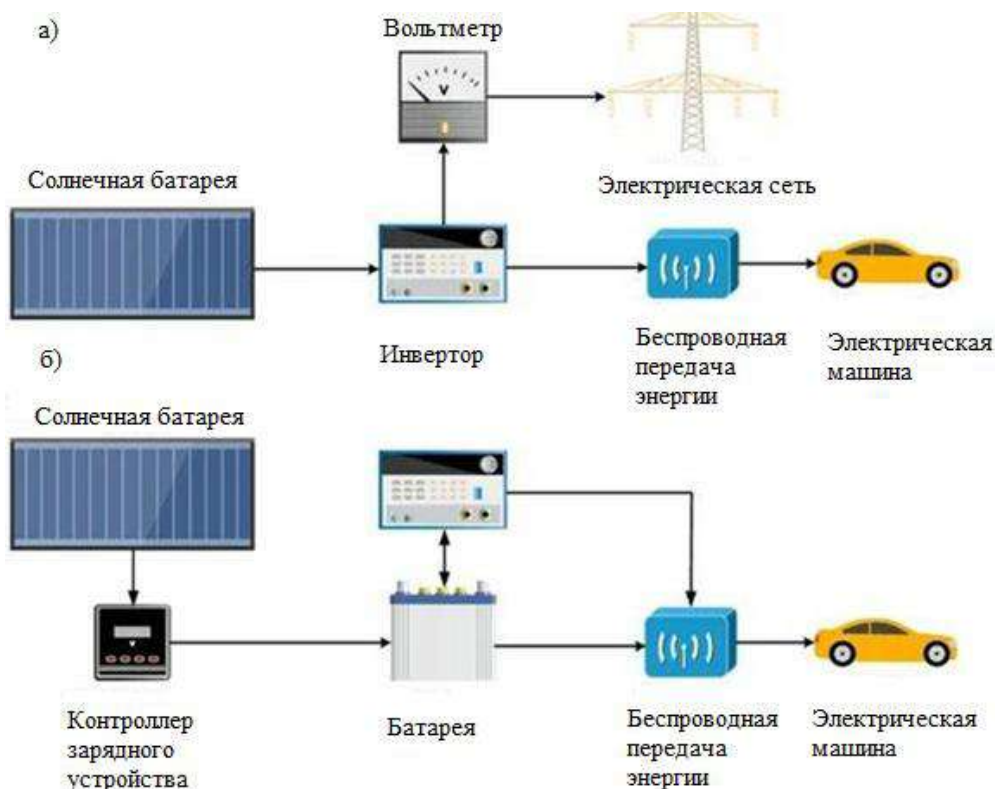


Рис. 2. Обзор подключенной к сети фотоэлектрической системы (а) и автономной системы (б)

Литий-ионные батареи, как один из типов единиц хранения, обычно используются в электромобилях в качестве накопителей энергии и источника питания, которые имеют такие преимущества, как низкий объем, высокая прочность и хорошая эффективность.

Источники

1. Khusnutdinova E.M, Konakhina I.A, Khamidullina G.R., Issues related to energy saving in petrochemical sector and methods for their solution//IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2019. - Vol.570, Is.1. - Art. № 012054.

2. Липовый Д.С., Сиваков В.В., Грядунов С.С. Применение альтернативных источников энергии для подзарядки электромобилей //Новые материалы и технологии в машиностроении. – 2020. – №. 32. – С. 71-75.

3. Kashani S. A. et al. State-of-the-Art Research on Wireless Charging of Electric Vehicles Using Solar Energy //Energies. – 2023. – Т. 16. – №. 1. – P. 282.

УДК 62-529

СОЗДАНИЕ БЕСПИЛОТНОЙ МОБИЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ НА БАЗЕ МИКРОКОМПЬЮТЕРА NVIDIA JETSON NANO

И.В. Токтаров¹, Э.А. Мухамедзянов², Р.Р. Мухаметзянов³, А.Э. Павлов⁴,
Р.Р.Гарифуллин⁵

Науч.рук. канд. техн. наук, доцент П.П. Павлов

^{1,2,3,4,5}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г.Казань, Россия

¹toktarovigor@outlook.com, ²emil20.03.012@gmail.com, ³rishat05282000@gmail.com,

⁴pavlov-1557-104@yandex.ru, ⁵kgeu-et@yandex.ru

В данной статье описывается разработка беспилотной мобильной платформы на базе микрокомпьютера NvidiaJetsonNano и механической платформы JetBot от Waveshare, предназначенной для движения в различных условиях. Приводится рабочая модель, функционирующая в условиях макета городского движения. Представлена тонкая настройка коэффициентов ПД-регулятора данной модели.

Ключевые слова: беспилотный транспорт, машинное обучение, микрокомпьютер, робот.

ROBOTIC MOBILE PLATFORM BASED ON AN NVIDIA JETSON NANO MICROCOMPUTER DEVELOPMENT

I.V. Toktarov¹, E.A. Mukhamedzyanov², R.R. Mukhametzyanov³, A.E. Pavlov⁴,
R.R.Garifullin⁵

^{1,2,3,4,5}KSPEU, Kazan, Russia

¹toktarovigor@outlook.com, ²emil20.03.012@gmail.com, ³rishat05282000@gmail.com,

⁴pavlov-1557-104@yandex.ru, ⁵kgeu-et@yandex.ru

The article offers a development robotic mobile platform platform based on an Nvidia Jetson Nano microcomputer and JetBot Waveshare mechanical platformdesigned for movement in various conditions. Fine-tuning of the coefficients of the PD controller of this model is presented.

Keywords: autonomous transport, machine learning, microcomputer, robot.

Использование беспилотных мобильных платформ позволяет осуществлять широкий спектр задач, в которых требуется замена людей. Например, такие рутинные повседневные задачи, как текущий осмотр подстанций, управление различными видами рельсового и колесного транспорта, обезвреживание опасных объектов. Использование роботизированных платформ исключает человеческий фактор из процесса работы, повышает эффективность процесса и снижает стоимость расходов [1,2] .

JetsonNano – одноплатный компьютер, RaspberryPi форм-фактора, ориентированный на ресурсоемкие расчеты, в том числе работу искусственного интеллекта. Обладает 128-ядерным графическим процессором на архитектуре Maxwell и 4-ядерным центральным процессором A57 на ARM архитектуре. Наша лабораторная модель включает 2 Гб LPDDR4 оперативной памяти. Используется для распознавания лиц, избегания препятствий, отслеживания объектов и движения по линии. JetBot от Waveshare оснащен высококачественным шасси с двумя независимыми электромоторами и редукторами, камерой и другими необходимыми инструментами для взаимодействия с окружающей средой [3].



Рис.1. а) Внешний вид платформы. б) Макет города. в) Вид с камеры платформы

На первом этапе создания беспилотной платформы создается база данных дорог, по которым она будет передвигаться. С помощью установленной на ней камеры была собрана база данных из 355 фотографий с разметкой, препятствиями и другими объектами макета, где вручную для каждой фотографии указан возможный сценарий движения робота, указаны места и объекты, с которыми запрещено взаимодействие. В рабочей среде JupiterLab на языке Python использован программный код для анализа сверхточной нейронной сетью ResNet18 полученной базы данных. ResNet18 анализирует фотографии и отбирает сценарии движения

с требуемой точностью, и обучает себя. Все вычисления происходят на базе микрокомпьютера JetsonNano [4].

Полученная в результате обработки нейросетью модель движения загружена в оперативную память робота. Далее следует этап тонкой настройки. Для того, чтобы беспилотная платформа следовала разметке и реагировала на препятствия, необходимо настроить коэффициенты созданного на программном уровне ПД-регулятора [5]. Робот в реальном времени анализирует изображение с камеры и вычисляет угол отклонения от разметки, скорость нарастания отклонения и реагирует на изменение с заданной скоростью. Для своевременной остановки перед препятствием настроен параметр точности совпадения изображения с камеры с имеющейся базой данных.

В результате настройки роботизированной платформы получена рабочая модель, которая может быть широко использована для мониторинга состояния объектов на различных предприятиях и учреждениях. Совместно с использованием на нём систем дальнометрии, тепловизоров, магнитных температурных и иных датчиков, анализирующих состояние окружающей среды можно гибко изменять функционал беспилотной платформы.

Источники

1. Абдулхаков А.К., Аухадеев А.Э., Павлов П.П., Сафиуллин Б.И. К ВОПРОСУ О РАЗВИТИИ ТЕХНОЛОГИЙ БЕСПИЛОТНОГО ДВИЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ МЕТРОПОЛИТЕНА. В сборнике: Международный форум KAZAN DIGITAL WEEK – 2021. Сборник материалов. Казань, 2021. С. 13-19.

2. Абдулхаков А.К., Аухадеев А.Э., Литвиненко Р.С., Сафиуллин Б.И. ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ТРАМВАЕВ. В сборнике: Международный форум KAZAN DIGITAL WEEK – 2021. Сборник материалов. Казань, 2021. С. 20-25.

3. Вострецов Е.А., Павлов П.П., Сафиуллина В.М. ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ИНФОТЕЛЕКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА СОВРЕМЕННОМ ВЫСОКОСКОРОСТНОМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ. В сборнике: Тинчуринские чтения - 2022 "Энергетика и цифровая трансформация". Сборник статей по материалам конференции. В 3-х томах . Казань, 2022. С. 328-330.

4. Сидорова, А. В. Python как инструментарий оптимизации режима ГЭС в составе ЭЭС / А. В. Сидорова, А. А. Черемных, А. Г. Русина // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2021. Т. 13. № 2(50). С. 119-132.

5. Бутаков В.М., Росляков А.В. ИССЛЕДОВАНИЕ ОШИБОК ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА С СИСТЕМОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ СКОРОСТИ. В сборнике: Тинчуринские чтения - 2022 "Энергетика и цифровая трансформация". Сборник статей по материалам конференции. В 3-х томах . Казань, 2022. С. 356-358.

УДК 621.316.722.1

ПРИМЕНЕНИЕ СТАТКОМ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ НАГРУЗКИ

Л.Т. Тухватуллин

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Р.Г. Исаков

ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань, Россия

TukhvatullinLT@stud.kai.ru

В статье представлены результаты работы модели статического синхронного компенсатора (СТАТКОМ) в 9-шинной тестовой распределительной сети при изменении нагрузки. Описаны основные принципы работы СТАТКОМ. Проведен сравнительный анализ работы тестовой сети при изменении нагрузки без использования СТАТКОМ и с ним.

Ключевые слова: стабилизация напряжения, модель, СТАТКОМ, распределительная сеть, изменение нагрузки.

USE OF A STATCOM TO STABILIZE THE VOLTAGE WHEN THE LOAD CHANGES

L.T. Tukhvatullin

KNRTU–KAI, Kazan, Russia

TukhvatullinLT@stud.kai.ru

The article presents the results of the operation of the static synchronous compensator (STATCOM) model in a 9-bus test distribution network when the load changes. The main principles of STATCOM operation are described. A comparative analysis of the operation of the test network with load changes without and with STATCOM was carried out.

Keywords: voltage stabilization, model, STATCOM, distribution network, load change.

Статический синхронный компенсатор (СТАТКОМ) представляет собой устройство с параллельным включением, которое внедряется в линии электропередачи переменного тока [1]. Он изготовлен на основе

силовых полупроводниковых устройств – биполярных транзисторов с изолированным затвором (IGBT) и пассивных элементов, таких как резисторы, катушки индуктивности и конденсаторы [2].

СТАТКОМ может работать в режиме емкостного устройства, генерируя реактивную мощность в линию, или в режиме индуктивного устройства, поглощающая ее из сети. Такая функциональная особенность позволяет СТАТКОМ стабилизировать напряжение в энергосистеме до необходимого уровня [3].

С целью изучения влияния работы СТАТКОМ на стабилизацию напряжения была разработана модель в графической среде имитационного моделирования MATLAB/SIMULINK.

Для тестирования разработанной модели СТАТКОМ использовалась тестовая 9-шинная система напряжением 230 кВ, также разработанная в MATLAB/SIMULINK. В ее состав входят 9 шин, 3 генератора, 3 повышающих трансформатора, 6 линий электропередач и 3 нагрузки.

Чтобы исследовать возможности разработанной модели СТАТКОМ, было проведено моделирование изменения нагрузки на шине 5 для двух случаев: без статического компенсатора и с ним.

На рис. 1 показаны уровни напряжений в о.е. на 9-ти шинах после увеличения реактивной мощности нагрузки на 60% без установки СТАТКОМ. Время начала изменения нагрузки было установлено на 1-ой секунде.

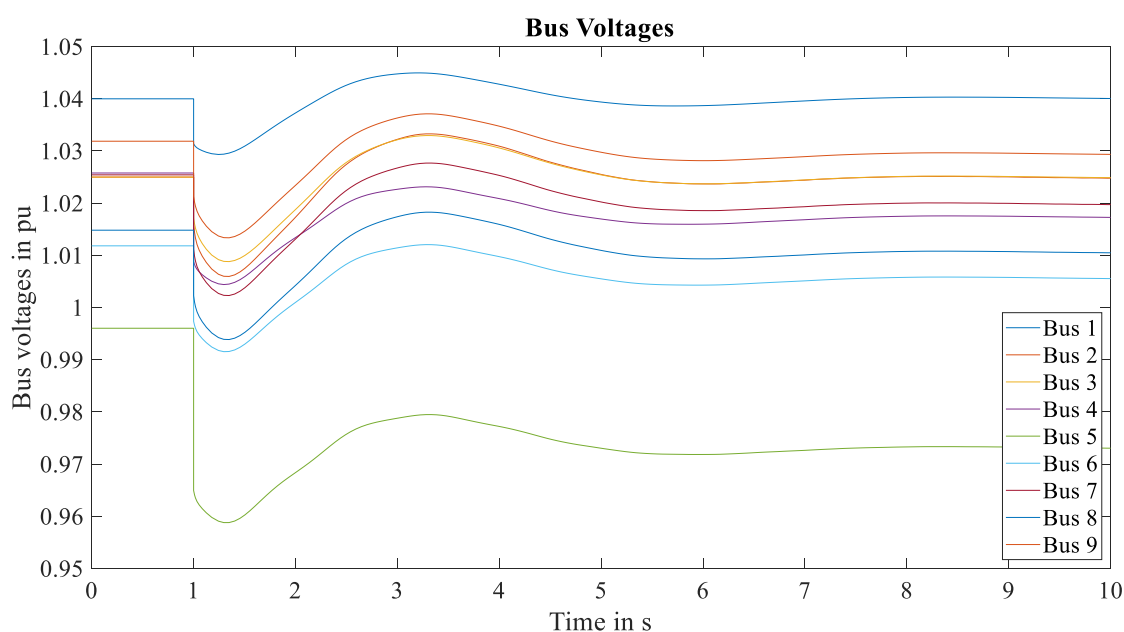


Рис. 1. Уровни напряжений на шинах без установки СТАТКОМ

На рис. 2 показаны уровни напряжений в о.е. на 9-ти шинах также после увеличения реактивной мощности нагрузки на 60%, но уже после установки СТАТКОМ на шину 5.

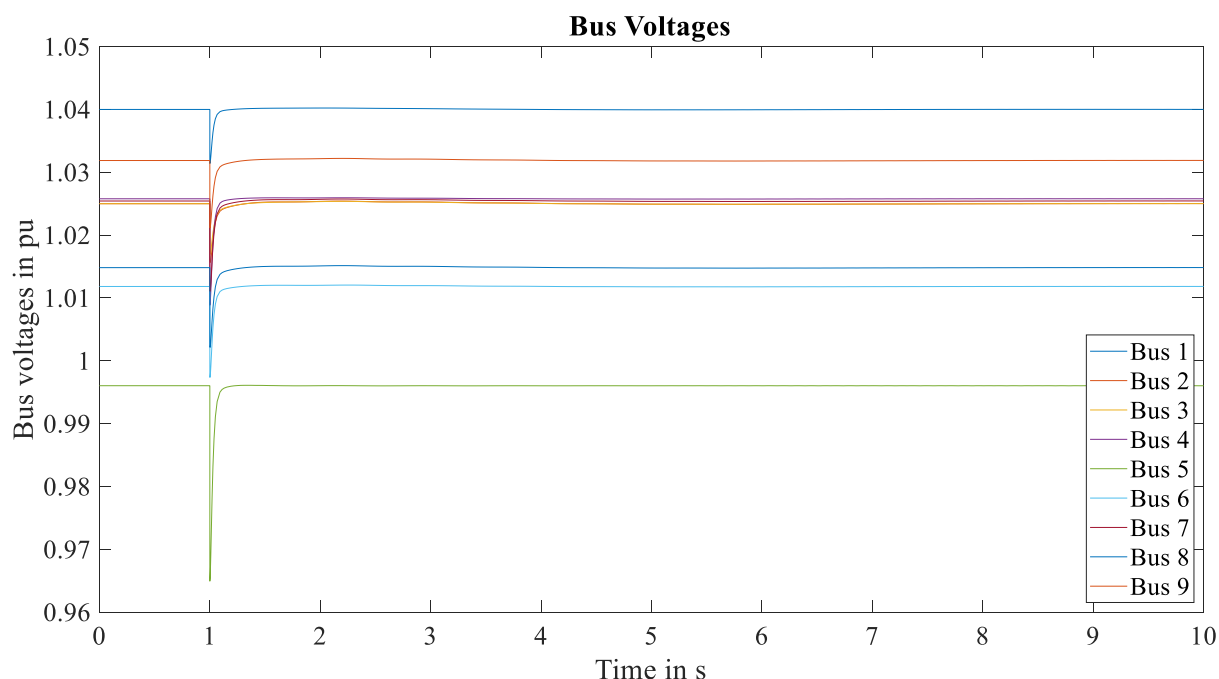


Рис. 2. Уровни напряжений на шинах с установленным на шине 5 СТАТКОМ

Сравнивая полученные результаты можно заметить, что при установке СТАТКОМ на шине 5, на которой происходит увеличение реактивной мощности нагрузки на 60%, уровни напряжения стабилизируются на всех шинах сети, достигая первоначальных значений напряжений до аварийной ситуации практически мгновенно в течение нескольких секунд. Анализируя данные результаты можно сделать вывод о том, что СТАТКОМ является одним из наиболее эффективных устройств для повышения стабильности напряжения в энергосистемах.

Источники

1. S. Gupta and R. K. Tripathi, "FACTS modelling and control: Application of CSC based STATCOM in transmission line," 2012 Students Conference on Engineering and Systems, 2012, pp. 1-5, doi: 10.1109/SCES.2012.6199121
2. Управление потоками электроэнергии и повышение эффективности электроэнергетических систем [Текст] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений / А. П. Бурман, Ю. К. Розанов, Ю. Г. Шакарян. - Москва : Изд. дом МЭИ, 2012. - 335 с.

3. Тухватуллин Л.Т., Исаков Р.Г. Выбор оптимального расположения статком для повышения стабильности напряжения в электрической сети // Энергетика и автоматизация в современном обществе: сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. обучающихся и преподавателей Санкт-Петербург, 2022. Т. II. С. 7–11.

УДК 621-313.3

СИНХРОННЫЙ РЕАКТИВНЫЙ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ С НЕЗАВИСИМЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ КАК ПЕРСПЕКТИВНАЯ ВЕТВЬ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ

К.Д. Урванцев¹, В.А. Сунин²

Науч. рук. канд. техн. наук Р.С. Литвиненко

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹tashchilov@bk.ru, ²suninvladimir@yandex.ru

В статье проведен экономическо-сравнительный анализ для электроприводов с синхронными реактивными двигателями с независимым возбуждением, а также определена самая перспективная из модификаций СРДНВ. Проведено сравнение удельных показателей СРДНВ разных вариаций исполнения.

Ключевые слова: Синхронный реактивный электродвигатель с независимым возбуждением, асинхронный двигатель, экономическо-сравнительный анализ, модификация.

SYNCHRONOUS REACTIVE ELECTRIC MOTOR WITH INDEPENDENT EXCITATION AS A PERSPECTIVE BRANCH OF ELECTRIC VEHICLE DEVELOPMENT

K.D. Urvantsev¹, V.A. Sunin²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

¹tashchilov@bk.ru, ²suninvladimir@yandex.ru

The article carried out an economic and comparative analysis for electric drives with synchronous reluctance motors with independent excitation, and also determined the most promising of the SRDNV modifications. A comparison of the specific indicators of the AWS of different variations of execution was carried out.

Keywords: Independently excited synchronous reluctance motor, asynchronous motor, economic and comparative analysis, modification.

Проанализировав справочные данные [1] был выведен график сравнения показателей удельного веса и габаритов для различных видов электродвигателей: асинхронный (кривые 1а и 2а), СРДНВ с круглым сердечником статора (кривые 1б и 2б) и квадратным сердечником (кривые 1в и 2в).

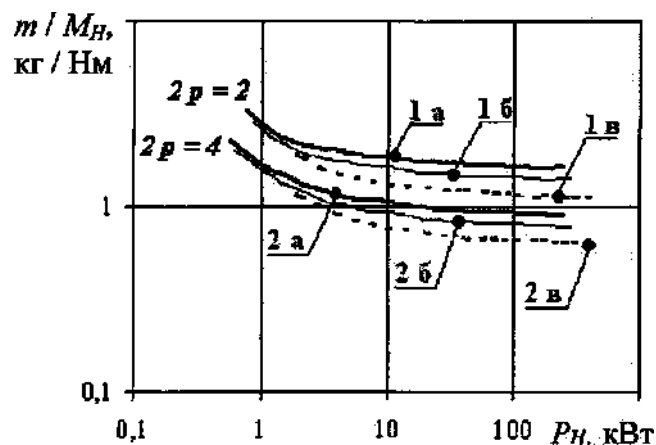


Рис.1. Удельные массогабаритные показатели

Выигрыш СРДНВ в массогабаритных коэффициентах по сравнению с ныне используемым АД возможен, благодаря специфичным параметрам обмотки статора и специализированным распределением токов. Для СРДНВ с квадратным сердечником более лучшие показатели достигаются в связи с особенностью конструкции. При низких мощностях находятся на одном уровне, но при повышении мощности до 10 кВт и более выигрыш составляет 20-45%.

Удельные потери выражаются при помощи соотношения P/M_n (P - потери активного вещества статора (медь и стали), M_n - электромагнитный момент). Исследование [2] также указывает на снижение потерь на 20-65%, а учитывая отсутствия у СРДНВ скольжения, то разница обретает еще больший характер.

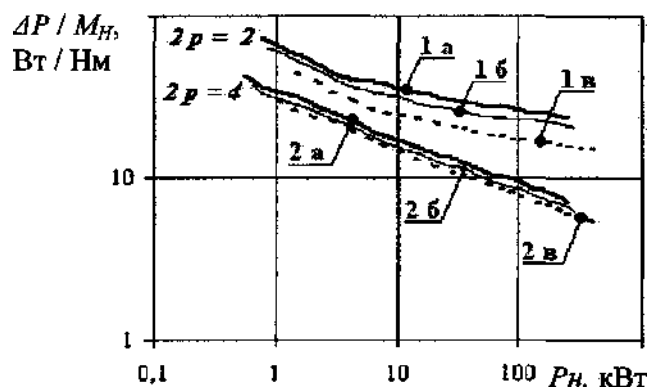


Рис. 2. Потери в электродвигателях

На рис. 3 продемонстрировано, изменения цены C/M_H (C - стоимость)

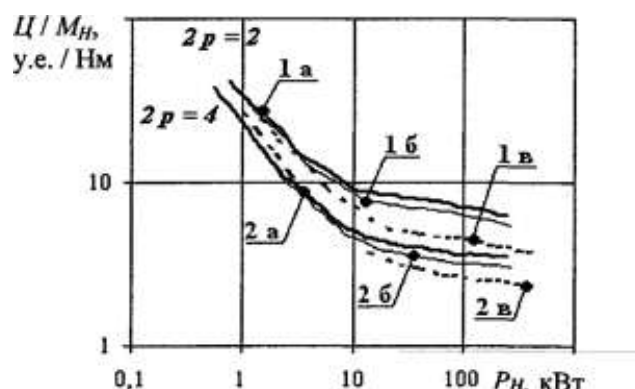


Рис.3. Стоимостные показатели электроприводов

Подводя итог можно сказать, что электропривод с СРДНВ превосходят АД по массогабаритным и мощностным характеристикам (на 20%- 65 %). При сравнении стоимости получаем следующую картину: при малых показателях мощности СРДНВ имеют схожие значения с АД, а при высоких мощностях являются более выгодным решением [3].

Источники

1. Усынин, Ю. С. Электроприводы и генераторы с синхронной реактивной машиной независимого возбуждения / Ю. С. Усынин, М. А. Григорьев, К. М. Виноградов // Электричество. – 2007. – № 3. – С. 21-26.

2. Читечян, В. И. Синхронные и асинхронизированные генераторы автономных систем электроснабжения (системы возбуждения, разработка и применение) : специальность 05.09.01 "Электромеханика и электрические аппараты" : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Читечян Виген Иванович. – Москва, 1990. – 41 с.

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019665788 Российская Федерация. Программный комплекс анализа и управления эффективностью внедрения рациональных режимов работы тягового электрооборудования городского электрического транспорта : № 2019664720 : заявл. 19.11.2019 : опубл. 28.11.2019 / А. Э. Аухадеев, Б. И. Сафиуллин, А. А. Аухадеев [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет» (ФГБОУ ВО «КГЭУ»).

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗАРЯДНЫХ СТАНЦИЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

И.В. Черепенькин¹, Р.Р.Мухаметзянов², И.В. Токтаров³, Р.Р.Гарифуллин⁴

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент П.П. Павлов

^{1,2,3,4}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г.Казань, Россия

¹iwan.tcherepenkin@yandex.ru, ²rishat05282000@gmail.com, ³kgeu-et@yandex.ru,

⁴kgeu-et@yandex.ru

В статье проведен анализ состояния зарядной инфраструктуры мобильного электрического транспорта в мире, Российской Федерации и Республике Татарстан. Определены основные, распространённые виды стационарных зарядных электрических станций, рассмотрены их достоинства и недостатки. Сделаны выводы о целесообразности использования быстрых и медленных зарядных станций в Республике Татарстан.

Ключевые слова: электрическая зарядная станция, электромобиль, мощность, самодиагностика, надежность.

EFFICIENCY OF USING CHARGING STATIONS FOR ELECTRIC VEHICLES

I.V. Cherepenkin¹, R.R.Mukhametzyanov², I.V. Toktarov³, R.R.Garifullin⁴

^{1,2,3,4}KSPEU, Kazan, Russia

¹iwan.tcherepenkin@yandex.ru, ²rishat05282000@gmail.com, ³kgeu-et@yandex.ru,

⁴kgeu-et@yandex.ru

The article analyzes the state of the charging infrastructure of mobile electric transport in the world, the Russian Federation and the Republic of Tatarstan. The main, widespread types of stationary charging power stations are defined, their advantages and disadvantages are considered. Conclusions are drawn about the expediency of using fast and slow charging stations in the Republic of Tatarstan.

Keywords: electric charging station, electric car, power, self-diagnostics, reliability

В настоящее время особую популярность среди легковых автомобилей приобретают электромобили. Так только в 2019 году на мировом первичном рынке было продано более двух миллионов электромобилей, однако по прогнозу, в 2025 году предполагается выпуск и

продажа 10 миллионов электромобилей. Исходя из прогнозов, к 2040 году около 60% от общих продаж легковых транспортных средств и более 30% от всего мирового парка легковых автомобилей придется на электромобили. В России к 2030 году планируется рост количества электромобилей до 1,5 млн. единиц, что составит 2,3% от всего автопарка страны [1].

Исходя из того, что основным энергетическим элементом электромобиля является аккумуляторная батарея, расширение электромобильного рынка требует развития зарядной инфраструктуры, а также повышения уровня ее надежности. На начало 2023 года лидерами по развитию зарядной инфраструктуры являются США, КНР, и страны ЕС общее количество зарядных станций в который составляет более 4,5 млн. единиц. В России на тот же период построено порядка 4,5 тыс. зарядных станций, однако прогнозируется, что к концу 2030 года их будет насчитываться около 220 тыс. единиц. Республика Татарстан на конец 2022 года располагала 52 станциями быстрой зарядки и 67 – медленной [2].

Наиболее распространенным видом зарядных станций для легкового электромобильного транспорта являются стационарные зарядные станции (СЗС). В зависимости от доступности СЗС подразделяются на два вида:

- частные зарядные станции (ЧЗС) – в основном медленные зарядные устройства, находящие применение в офисных паркингах и на дому;
- общедоступные зарядные станции (ОЗС) [3].

Однако длительность процесса зарядки и труднодоступность процедуры при жизни владельцев в многоквартирных домах определяют потребность в развитии (ОЗС) [4].

Основным показателем при развитии зарядной инфраструктуры для электромобилей является срок ее окупаемости. Формула (1) показывает порядок расчета срока окупаемости зарядных станций.

$$N = \frac{P}{X \cdot Y \cdot n}, \quad (1)$$

где N - срок окупаемости, дни;

P – стоимость зарядной станции и ее установки, руб.;

X – среднее количество отдаваемой электроэнергии, кВт;

Y – цена 1 кВт электроэнергии, руб.;

n – среднее количество использование в день, шт.

Однако, стоит учитывать, что повышение надежности работы ЭЗС позволит сократить время окупаемости вследствие снижения времени

просто ввиду выхода отдельных элементов зарядной станции из строя. Это возможно благодаря созданию эффективной системы самодиагностики состояния аппаратуры управления ЭЗС. Которая позволит разработать измененный алгоритм управления, учитывающий возможность запуска станции в аварийном режиме при некоторых ограничениях [5-6].

Источники

1. Схиртладзе А.Г., Уколов М.С., Скворцов А.В. Надежность и диагностика технологических систем. Учебник/ Под ред. А.Г. Схиртладзе. – М.: Новое издание, 2008. – 518с.
2. Фандеев В.П., Павлов П.П., Бутаков В.М., Баймеева Д.Р. Диагностика цифровых приборов и устройств энергетических систем. Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. Выпуск 71. Надежность энергоснабжения потребителей в условиях их цифровизации. Книга 3, стр.83-90 г. Иркутск 2021 г.
3. Vladimir Fandeev, Pavlov P.P., Valery Butakov, Dilyara Baymееva and Venera Safiullina. Testing digital instruments and power systems devices. E3S Web of Conferences 216, 01063 (2020г.) doi.org/10.1051/e3sconf/202021601063.
4. Истоппенников М.А., Павлов П.П., Закирова Н.Ж., Снежинская Е.С. Комбинаторная диагностическая модель цифровых устройств. В сборнике: ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ–2021 «ЭНЕРГЕТИКА И ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ». Материалы Международной молодежной НК. в 3 томах. Казань, 2021. с. 253-256.
5. E.M. Khusnutdinova, V.P.Fandeyev, R.N.Khizbullin, P.P. Pavlov, A.N. Khusnutdinom. Comprehensive Test Procedure for Digital Instruments and Devices of Automated Versatile Systems. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 915 (2020) 012047 doi:10.1088/1757-899X/915/1/012032.
6. Сафин А.Р, Ившин И.В., Цветков А.Н., Петров Т.И., Басенко В.Р., Манахов В.А. Развитие технологии мобильных зарядных станций для электромобилей // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2021. Т. 23. No 5. с. 100-114. doi:10.30724/1998-9903-2021-23-5-3-100-114.

МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПЛАСТИН ПОЛОЗА ТОКОПРИЕМНИКА ЭЛЕКТРОПОДВИЖНОГО СОСТАВА И КОНТАКТНОГО ПРОВОДА

И.В. Черепенькин¹, Р.Р.Мухаметзянов², И.В. Токтаров³, Р.Р.Гарифуллин⁴

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент П.П. Павлов

^{1,2,3,4}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г.Казань, Россия

¹iwan.tcherepenkin@yandex.ru, ²rishat05282000@gmail.com, ³kgeu-et@yandex.ru,

⁴kgeu-et@yandex.ru

В статье представлены результаты анализа методов прогнозирования технического состояния пластин полоза токоприемника и контактного провода систем электрического транспорта (ЭТ). В целях повышения эффективности процесса диагностирования выявлены составляющие износа рассматриваемых элементов, что позволяет проводить всестороннюю оценку технического состояния на последующий период эксплуатации и организовать наиболее оптимальную стратегию технического обслуживания.

Ключевые слова: электрический транспорт, тяговая сеть, вероятность, метод, прогноз, контактный провод, техническое состояние.

METHODS OF FORECASTING THE TECHNICAL CONDITION OF THE SLIDE PLATES OF THE ELECTRIC ROLLING STOCK CURRENT COLLECTOR AND CONTACT WIRE

I.V. Cherepenkin¹, R.R. Mukhametzyanov², I.V. Toktarov³, R.R.Garifullin⁴

^{1,2,3,4}KSPEU, Kazan, Russia

¹iwan.tcherepenkin@yandex.ru, ²rishat05282000@gmail.com, ³kgeu-et@yandex.ru,

⁴kgeu-et@yandex.ru

The article presents the results of analysis of methods for predicting the technical condition of current collector and contact wire plates of electric transport (ET) systems. In order to improve the efficiency of the diagnosis process, the components of wear of the elements in question are identified, which allows a comprehensive assessment of the technical condition for the subsequent period of operation, and to organize the most optimal maintenance strategy.

Keywords: electric transport, traction network, probability, method, forecast, contact wire, technical condition.

Оценка износа пластин полоза токоприемника и контактного провода должна проводиться исходя из условия рассмотрения трех составляющих износа и может быть описана следующей формулой [1,6]:

$$W = W_1 + W_2 + W_3, \quad (1)$$

где W_1 – механическая составляющая износа; W_2 – электрическая составляющая, возникающая в процессе испарения и разбрызгивания материала под воздействием электрической дуги; W_3 – механическая составляющая износа, описывающая повреждение материала контактных элементов электрической дугой.

При этом [2],

$$W_2 = A \cdot I^n \cdot t, \quad (2)$$

где A – коэффициент материала пластин и условий контактирования; I – сила тока; n – коэффициент, зависящий от материала пластин; t – время действия дуги.

Существует несколько вариантов протекания износа пары «контактный провод – токоприемник». Все они зависят от количества проходов электроподвижного состава через рассматриваемый анкерный участок.

Одним из методов прогнозирования износа является моделирование с применением вероятностного подхода, основанное на учете случайных и неслучайных приращений показателя среднего износа для анкерного участка и функции количества прохода используемых токоприемников.

Правильность выбора того или иного метода прогнозирования износа диктуется целью проводимого исследования.

Условно существующие модели износа можно разделить на два класса: имеющие жесткую структуру и адаптивные [3,5].

Суть работы адаптивных моделей заключается в установлении связи между износом и доминирующим фактором с учетом уточнения параметров на основе конкретных условий эксплуатации.

Построение моделей с жесткой структурой осуществляется для проведения предварительного анализа износа. Добиться высокой точности результатов возможно только при условии учета большого количества факторов. Применение моделей с жесткой структурой оправдано только в случае невозможности или неточности (по причине недостаточности информации) проведения прогноза с помощью адаптивных моделей.

Прогноз износа может быть проведен только с точки зрения рассмотрения общего среднего случая, что является недостаточным для целей обслуживания. В этой связи возможность модели учитывать вероятностную сторону среднего износа является ее очевидным преимуществом.

Исходя из вышеизложенного, основной целью разработки рассмотренных типов моделей является прогнозирование среднего механического износа в пределах анкерного участка для принятия решения о замене или возможности дальнейшей эксплуатации контактного провода.

Применение методов математического моделирования для анализа износа позволяет создать условия близкие к эксплуатационным и уменьшить количество лабораторного эксперимента [4].

Источники

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

2. Sabitov, L., Pavlov, P., Fandeyev, V., Butakov, V., Khusnutdinov, A., Siyetinskaya, A.: In: IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, vol. 915, p. 012047 (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. Филина О.А., Черепенькин И.В., Оценка технического состояния // Наука и образование в контексте глобальной трансформации: сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. Петрозаводск, 2022.

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.

6. Закирова Н.Ж., Павлов П.П. Исследование методов повышения надежности элементов и систем электроподвижного состава в условиях эксплуатации В сборнике: Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники // Материалы III Всероссийской научн.-практ. конф. Казань, 2021. С. 183-187.

СЕКЦИЯ 6. БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ

УДК 004.78

СИСТЕМА АДАПТИВНОЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОИНТЕРФЕЙСА

А.Д. Иванов

Науч. рук. д-р.техн.наук, профессор А.Ю. Тычков
ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»
Sailtothe54@gmail.com

Система, представленная в данной работе, предназначена для регистрации сигналов головного мозга по нескольким отведениям электрической активности головного мозга, с последующей передачей данных на устройства виртуальной реальности. Таким образом, создается биологическая обратная связь, которая при одновременном использовании нейроинтерфейса и виртуальной реальности позволяет достичь эффективного погружения в виртуальный мир. Система может использоваться в медицине, обучении, игровой индустрии и других сферах, где применяются устройства виртуальной реальности.

Ключевые слова: нейроинтерфейс, виртуальная реальность, мозговая активность, электроэнцефалография, биологическая обратная связь.

ADAPTIVE VIRTUAL REALITY SYSTEM USING NEURAL INTERFACE

A.D. Ivanov

Penza State University
Sailtothe54@gmail.com

The system presented in this paper is designed to register brain signals by several leads of electrical activity of the brain, followed by data transmission to virtual reality devices. Thus, a biofeedback is created, which, with the simultaneous use of a neurointerface and virtual reality, allows you to achieve effective immersion in the virtual world. The system can be used in medicine, education, the gaming industry and other areas where virtual reality devices are used.

Keywords: neurointerface, virtual reality, brain activity, electroencephalography, biofeedback.

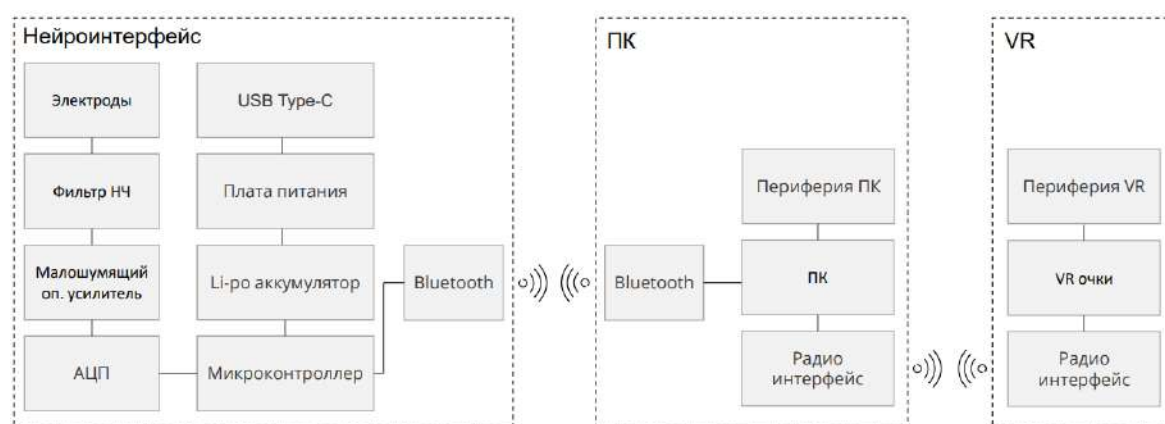
Актуальность исследования обуславливается стремительным развитием рынка нейроинтерфейсов и устройств виртуальной реальности, ростом количества научных публикаций, доказывающих эффективность объединения этих технологий. По данным Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации: объем российского рынка VR/AR технологий в 2024 году составит 40 млрд рублей, а среднегодовые темпы роста - 109%. Согласно исследованиям НТИ: комплексное использование нейротехнологий и виртуальной реальности создает прочные предпосылки в игровой индустрии, промышленности, образовании, проектировании и медицине.

Система представляет собой автономный аппаратно-программный комплекс, способный беспроводным путем визуализировать виртуальные сцены в высоком разрешении и качестве, регистрировать электрические сигналы головного мозга в лобных и височных долях в условиях реального времени и свободной двигательной активности человека, передавать данные на персональный компьютер для последующей цифровой обработки и принятия решений.

Применение VR позволяет передавать аудиовизуальные стимулы более реалистично, чем традиционные терапевтические технологии, и обеспечивает безопасную и контролируемую среду. Технология виртуальной реальности оказывает эффективный обезболивающий эффект за счет механизма отвлечения [1], способствует активизации антиноцицептивной системы за счет положительных эмоций, которые вызывает среда, созданная с помощью технологии VR. Кроме того, технология VR не имеет выраженных побочных эффектов [2]. Основополагающей характеристикой виртуальной реальности, влияющей на особенности поведения и физиологические реакции человека, является визуальное и аудио-музыкальное сопровождение. Благодаря тому, что наличие нейроинтерфейса позволяет технике и специалистам эффективнее оценивать состояние человека, система, объединяющая виртуальную реальность и нейроинтерфейс, может использоваться для реабилитации после инсульта [3], а биологическая обратная связь успешно используется для лечения фобических расстройств [4].

Система (см. рисунок) состоит из трех основных блоков: нейроинтерфейс, персональный компьютер и устройства VR. Одновременно с погружением в виртуальную реальность, нейроинтерфейс отправляет на компьютер данные о мозговой активности пользователя. Эти данные обрабатываются ПО и специалистом для последующего принятия решений об адаптации сцен VR или изменении других параметров

погружения в виртуальную реальность. Такой принцип работы улучшает опыт погружения пользователя в виртуальную реальность, а специалист располагает инструментами для проведения более эффективных сеансов лечения и профилактики различных патологий.



Структура системы адаптивной виртуальной реальности с использованием нейроинтерфейса

Наличие системы, позволяющей качественно регистрировать и передавать ЭЭГ головного мозга при одновременном погружении в виртуальную реальность создает базу и предпосылки для дальнейшего развития и использования данной технологии в медицине.

Источники

1. Sweta V. R., Abhinav R. P., Ramesh Ashal. "Role of Virtual Reality in Pain Perception of Patients Following the Administration of Local Anesthesia".
2. Ding J., J Int Med Res., 2019; Yang J., J Arthrosc Relat Surg., 2019; Ding L., International Journal of Surgery, 2020
3. Некрасова Ю.Ю., Воронцова В.С., Канарский М.М., Прадхан П.М., Шуненков Д.А. Аппаратно-программный комплекс для восстановления моторных функций конечностей на основе технологии виртуальной реальности и нейрокомпьютерного интерфейса // Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация. - 2021. - Т. 3. - №2. - С. 231-242. doi: 10.36425/rehab65949
4. Демарева В.А., Вяхирева В.А., Петрова И.Э., Жукова М.В., Риверос Л., Голубин Р.В., Осокин В.А. Разработка нейрогарнитуры для контроля состояния человека при лечении фобий // Международный научный журнал «Вестник психофизиологии» №4. doi: 10.34985/c6664-9717-7270-g

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛОВ

О.А. Демочкина¹, С.Ф. Лёвин², Д.В. Папшев³

Науч. рук. д-р.техн.наук, профессор Л.Ю. Кривоногов

^{1,2,3} ФГБОУ ВО «ПГУ», г. Пенза

¹ol.diomo4kina@yandex.ru, ²lvin.stanislav.01@mail.ru, ³rover_d@mail.ru

Статья посвящена контролю качества зарегистрированных электрокардиосигналов (ЭКС) в системах АМЭКГ. Показана связь повышения достоверности принимаемых решений в системах АМЭКГ с контролем качества зарегистрированных ЭКС. Для разложения ЭКС на частотные компоненты предложено использовать технологию ЭМД. Выявлены закономерности распределения частотных компонент ЭКС в эмпирических модах. Разработан алгоритм контроля качества зарегистрированных ЭКС, который проиллюстрирован в виде структуры. Создан виртуальный прибор в среде LabVIEW, при его тестировании были получены следующие результаты: чувствительность – 92,5%, специфичность – 84%.

Ключевые слова: электрокардиосигнал, качество, оценка, помеха, эмпирическая модовая декомпозиция.

ECG QUALITY CONTROL

O.A. Demochkina¹, S.F. Levin², D.V. Papshev³

Penza State University, Penza

¹ol.diomo4kina@yandex.ru, ²lvin.stanislav.01@mail.ru, ³rover_d@mail.ru

The article is devoted to quality control of registered ECGs in ambulatory ECG (AECC) devices. The relationship of increasing the reliability of decisions made in AECC devices with quality control of registered ECGs is shown. To decompose ECG into frequency components, it is proposed to use EMD. The regularities of the distribution of ECG frequency components in empirical modes are revealed. An algorithm for quality control of registered ECG has been developed, which is illustrated in the form of a structure. A VI LabVIEW tool was created, the following results were obtained during its testing: sensitivity – 92.5%, specificity – 84%.

Keywords: ECG, quality, evaluation, interference, empirical mode decomposition.

В современной клинической практике распространение получило амбулаторное мониторирование ЭКГ (АМЭКГ), позволяющее выявить

целый ряд нарушений сердечной деятельности в условиях свободной активности пациентов. Методика АМЭКГ является неинвазивной, простой в применении, относительно недорогой и доступной для широких слоев населения [1].

Электрокардиосигналы (ЭКС), зарегистрированные в системах АМЭКГ содержат помехи различного вида и происхождения. Кроме этого, может иметь место неправильное расположение электродов на теле пациента или плохой контакт электродов с кожей. Все эти факторы приводят к диагностическим ошибкам, поэтому в системах АМЭКГ необходимо использовать только ЭКС, не содержащие недопустимых помех. Следовательно, для повышения достоверности диагностических заключений необходим контроль качества зарегистрированных ЭКС, что в реальных условиях сводится к оценке уровня помех в зарегистрированном сигнале.

Хотя современные системы АМЭКГ в своем составе имеют различные аппаратные и/или программные фильтры для подавления помех, но их возможности не безграничны. При высокой интенсивности помех фильтры не справляются с поставленной задачей: помехи полностью не устраняются, а полезный сигнал искажается. Именно эти помехи и искажения ЭКС приводит к диагностическим ошибкам в системах АМЭКГ.

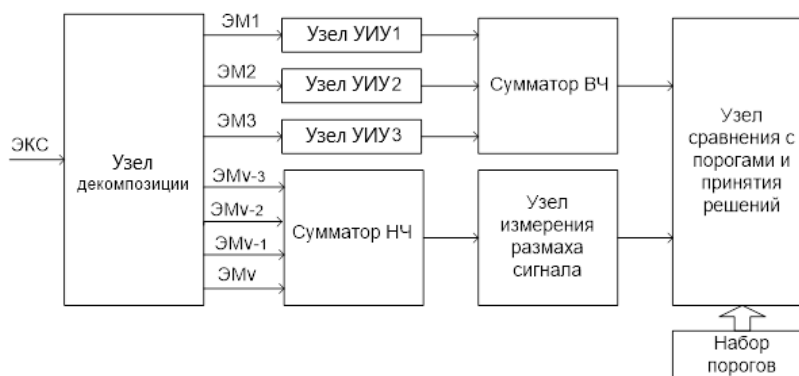
Изучение структуры ЭКС и сопровождающих их помех позволили сделать вывод о целесообразности использования частотных методов для оценки уровня помех в ЭКС. Одним из методов, позволяющих разделить сигнал на набор частотных компонент, является эмпирическая модовая декомпозиция (ЭМД) [2]. Технология ЭМД обладает высокой адаптивностью, так как базисные функции, используемые для разложения сигнала, конструируются непосредственно из самого исследуемого сигнала, что позволяет учесть его внутреннюю структуру и наличие различных помех. Перспективность применения ЭМД для обработки ЭКС показана в ряде работ [3-5].

При разложении участков ЭКС длительностью в 10 с на эмпирические моды были выявлены следующие закономерности: ЭКС раскладывается на 8-12 ЭМ, в зависимости от его структуры и наличия помех (шумоподобный сигнал, соответствующий обрыву электрода, формирует не более 2 ЭМ и тренд); в первых трех ЭМ группируются высокочастотные (ВЧ) помехи; низкочастотные (НЧ) помехи формируются в четырех последних ЭМ.

Выявленные закономерности распределения частотных компонент ЭКС в ЭМ позволили разработать алгоритм контроля помех в зарегистрированном ЭКС. Структура, иллюстрирующая этот алгоритм, показана на рис.

Исследуемый ЭКС поступает в узел декомпозиции, где раскладывается на набор ЭМ. Первые три наиболее высокочастотные ЭМ подвергаются процедуре устранения информативных участков ЭКС (узлы УИУ1-3) и поступают в сумматор, где формируется оценка ВЧ помехи и вычисляется ее дисперсия, значение которой поступает в узел сравнения с порогами и принятия решений.

Сумматор НЧ обеспечивает формирование НЧ помехи, её размер определяется размахом, который сравнивается с порогом.



Структурная схема, иллюстрирующая алгоритм контроля помех в зарегистрированном ЭКС

Алгоритм контроля помех в зарегистрированном ЭКС и иллюстрирующая его структура легли в основу разработки виртуального прибора (ВП) в среде LabVIEW. При тестировании ВП на сорока участках ЭКС из базы Physionet Challenge 2011 Set-B с помехами различного происхождения и «обрывом электрода», были получены следующие результаты: чувствительность (вероятность правильной классификации сигналов неудовлетворительного качества) – 92,5%, специфичность (вероятность правильной классификации сигналов удовлетворительного качества) – 84%.

Разработанный алгоритм и ВП являются основой разработки подсистемы подавления помех для современных помехоустойчивых систем АМЭКГ.

Источники

1. Steinberg J.S, Varma N., Cygankiewicz I. et al. 2017 ISHNE-HRS expert consensus statement on ambulatory ECG and external cardiac monitoring/telemetry. Heart Rhythm. 2017 Jul;14(7).
2. Huang N.E., Shen S.S.P. The Hilbert-Huang Transform and Its Applications. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore 596224. 2005. – 526 p.
3. Кривоногов Л.Ю. Метод и алгоритмы помехоустойчивой обработки электрокардиосигналов на основе эмпирической модовой декомпозиции // Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск «Медицинские информационные системы». – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2014. № 10 (159). С. 104-114.
4. Кривоногов Л.Ю., Папшев Д.В. Повышение эффективности подавления высокочастотных помех в электрокардиосигналах // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. №2, 2014. С. 17-24.
5. Кривоногов Л.Ю., Папшев Д.В. Совершенствование алгоритмов помехоустойчивой обработки электрокардиосигналов. // Биотехносфера, 2015, №3 (39), С. 13-19.

УДК 621.398

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ СОДЕЙСТВИЯ ВОДИТЕЛЮ

А.Р. Нафигов

Науч. рук.канд. техн. наук, доцент Р.Н. Хизбуллин
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
nafigov1999@mail.ru

В статье проанализированы особенности и устройство современных систем содействия водителю, определены основные их виды, выявлены их недостатки и проведена их оценка.

Ключевые слова: системы распознавания, системы контроля, PERCLOS, датчики, сонливость, ослабленное внимание.

ANALYSIS OF ADVANCED DRIVER-ASSISTANCE SYSTEM

A.R. Nafigov

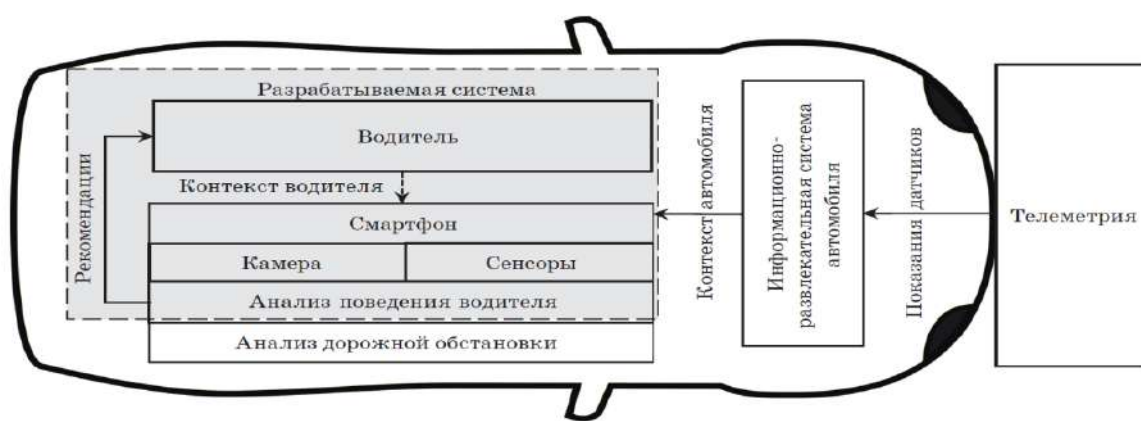
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
nafigov1999@mail.ru

The article analyzes the features and structure of modern driver assistance systems, identifies their main types, identifies their shortcomings and evaluates them.

Keywords: recognition systems, control systems, PERCLOS, sensors, drowsiness, impaired attention.

Современные системы содействия водителю – это аппаратно-программный комплекс, рассчитывающий в режиме реального времени алгоритм действий на основе различных параметров движения [1].

Технологии, применяемые в таких системах, можно условно разделить по виду контекста на те, которые осуществляют контроль окружающей обстановки (дорожной обстановки), и те, которые направлены на слежение за состоянием водителя внутри транспорта. В качестве контекста воспринимают любые данные, которые могут использовать для описания ситуаций, в которой находится в определенный момент времени некоторый объект (Например: водитель транспорта).



Общая схема CCCB

Схема с двумя интегрированными видами контекстов в одном ТС изображена ниже:

Рассмотрим эти системы более подробно:

1) **Система распознавания дорожных знаков** – работает за счет фронтальных камер, которые определяют знаки по ходу движения автомобиля. Также возможен мониторинг ограничений трассы с помощью навигации. Оценка: система остается дополнительной поддержкой водителя, с имеющимися проблемами, связанными с плохими погодными условиями, либо испорченными/загрязненными знаками.

2) **Система контроля полосы** - работает за счет нескольких камер на лобовом стекле, либо датчиков в бампере или фронтальной решетке. Отслеживают нахождение авто внутри полосы движения. Оценка: данная технология способна предотвратить аварию, но на ее работу влияет качество разметки дороги и степень ее «чистоты».

3) **Контроль движения в «слепой» зоне** - работает за счет датчиков, которые определяют наличие объектов в «слепых» зонах. Оценка: система

может быть перегружена на трассах, но при дальнейшем её совершенствовании она будет работать без недостатков.

4) Предупреждение о выходе пассажира - работает за счет датчиков на заднем бампере. Защищает от неожиданного столкновения открытых боковых дверей автомобиля с пешеходами/велосипедистами. Оценка: даже при условии ложного срабатывания датчика, опасности для водителя не возникнет.

5) Система предупреждения столкновения - работает за счет датчиков, обеспечивающих круговой обзор, включая радары и камеры. При угрозе столкновения происходит закрытие окон, затягивание ремней безопасности, а также кресло автоматически принимает вертикальное положение. Оценка: система эффективна, однако может вызывать раздражение ложными срабатываниями.

6) Система контроля усталости водителя - работает за счет камер, направленных в сторону водителя, при этом производится постоянная оценка физического состояния, по различным параметрам таким как: степень открытости глаз, с какой скоростью происходит моргание век, поворот головы, направление взгляда. По этим параметрам можно выявить аварийные ситуации такие как состояние сонливости и ослабленное внимание.

Достоверным критерием обнаружения сонливости является параметр PERCLOS. Он характеризуется долей времени, в течение которого веки водителя закрыты более чем на 80 %. Если параметр PERCLOS в течение минуты наблюдается более 28 % [2] от времени, то человек считается дремлющим. Дополнительным критерием определения сонливости служит скорость моргания глаз. Безопасный для водителя интервал, в течение которого допускается моргание глаза, равен от 0,5 до 0,8 с [3]. Еще одним индикатором определения сонливости является зевота [4]. Оценка: на основе анализа всех данных характеристик система оперативно выявляет опасные состояния водителя и предлагает рекомендации по предотвращению аварии. Недостатком является сложность обработки такого рода информации, поэтому не все приборы способны с высокой точностью определить состояние водителя и отреагировать заблаговременно [5].

Источники

1. Киснеева Л.Н., Аухадеев А.Э. Разработка системы автоматизированного управления подвижным составом наземного городского электрического транспорта // Вестник КГЭУ. — 2016.

2. Приянка Н. Л., Крутика С., Адмане, Мрунали Г. Система мониторинга лица водителя для выявления гипобдительности // Журнал исследований. — 2015. — С. 553–559.

3. Сайни В., Сайни Р. Система и методы обнаружения сонливости водителей // Журнал компьютерных наук и информационных технологий. — 2014. — С. 4245–4249.

4. Эскандарян А., Сайед Р., Делаг П., Мортазави А., Блюм Дж. Расширенное исследование усталости водителя // Министерство транспорта — США. — 2007. — С. 210.

5. И. С. Дымов, Р. Е. Деревянко, Д. А. Котин. Автоматизированная система предупреждения засыпания водителя во время движения // ИЗВУЗ. Проблемы энергетики. — 2017.

УДК 004.5

КОНТРОЛЛЕР-ПЕРЧАТКА ДЛЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СО СРЕДОЙ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Д.Л. Овчинников
ФГБОУ ВО «ПГУ», Пенза, Россия,
dmitry_ovch@mail.ru.

Развитие информационных технологий позволяют человеку отрабатывать профессиональные навыки в среде виртуальной реальности. Однако не все контроллеры позволяют добиться полного погружения. Материалы и методы. Объект исследования – функционал устройств, представленных на рынке. На основе готовых образцов проведен анализ необходимых для устройства функций. Предложены варианты их реализации на существующих компонентах. Выводы. Представлена обобщенная структурная схема предлагаемого устройства.

Ключевые слова: виртуальная реальность, контроллеры, управление, цифровое пространство, перчатка, обратная связь.

THE CONTROLLER IS A GLOVE FOR INTERACTING WITH THE VIRTUAL REALITY ENVIRONMENT

D.L. Ovchinnikov
PSU, Penza, Russia
dmitry_ovch@mail.ru

The development of information technologies allows a person to practice professional skills in a virtual reality environment. However, not all controllers allow you to achieve full immersion. Materials and methods. The object of research is the functionality of the devices presented on the market. Based on the finished samples, the analysis of the functions necessary for the device was carried out. Variants of their implementation on existing components are proposed. Conclusions. A generalized block diagram of the proposed device is presented.

Keywords: virtual reality, controllers, control, digital space, glove, feedback.

В современном мире развитие компьютерных технологий позволило существенно развить взаимодействие человека с ЭВМ. Примером данного прогресса является создание среды виртуальной реальности, в некоторых случаях неотличимой от действительного мира.

Виртуальная реальность (VR) [1] описывает компьютерную модель обстановки, спроектированную с помощью специализированных средств, передаваемую человеку с помощью органов чувств: зрения, слуха, осязания и прочие. Это позволяет полноценно погрузить пользователя в подобную сцену. Виртуальная реальность позволяет повысить эффективность человеческой деятельности в различных профессиональных сферах. Применение систем VR отличается высокой эффективностью воздействия на органы восприятия, обеспечивая глубокое усвоение знаний, быстрое овладение профессиональными навыками и приобретение опыта [2].

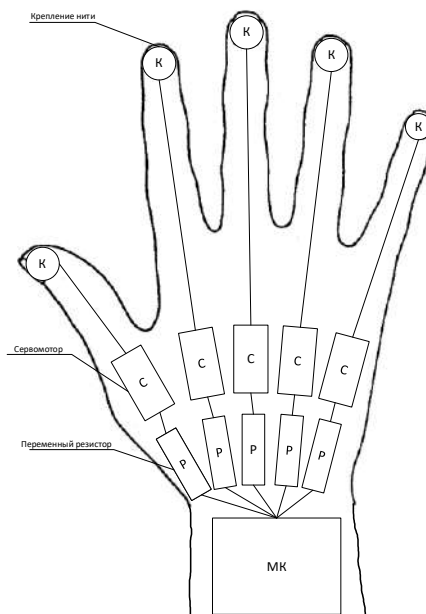
Однако для полноценного взаимодействия с виртуальной средой нужны специализированные контроллеры. На данный момент на рынке существуют следующие наиболее распространенные технические решения: стики-контроллеры с фиксированным набором кнопок, контроллеры-перчатки, трекеры на туловище, ноги для определения положения пользователя, а также контроллеры в виде перчаток. Основным недостатком перечисленных устройств в частичном или полном отсутствии обратной связи. К примеру, перчатка Senso Glove DK3 реализовывают систему обратной связи с помощью пяти вибромоторов. Это не позволяет пользователю полноценно понять, сжал ли он тот или иной виртуальный объект.

Решить данную проблему можно с помощью введения обратной связи на сгибание и разгибание кисти. Для реализации данной функции и функции отслеживания состояния руки потребуются следующие компоненты:

- микроконтроллер, управляющий устройством;

- система датчиков положения пальцев;
- датчик положения кисти в пространстве;
- система обратной связи.

Для отслеживания положения кисти возможно применение переменных резисторов ползункового типа, соединенных с кончиками пальцев нитью с помощью специальных креплений. За обратную связь отвечают сервомоторы, соединенные с потенциометрами той же нитью. Таким образом при прокрутке сервомотора натяжение либо ослабевает (при разгибании), либо усиливается (при сгибании и «сжимании» виртуального предмета). Обобщенная блок схема представлена на рисунке.



Общая блок схема устройства

Предложенное устройство позволит добиться наиболее реалистичного управления аватаром в среде виртуальной реальности. Это позволит людям использовать данную технологию практически во всем — начиная от игр и заканчивая обучением врачей проведения сложных операций, реабилитаций пациентов после различных видов травм. Помимо этого, виртуальную реальность можно применять и в образовательной деятельности, творчестве и многом другом. Таким образом виртуальная реальность дает человеку неограниченные возможности как к саморазвитию, так и восстановлению после тяжелого рабочего дня или же после травмы [3].

Источники

1. Liu X., Zhang J., Hou G., Wang Z. Virtual reality and its application in military / conference series earth and environmental science. Vol. 3. 2018. С. 32-41.

2. Граневский К.В., Кубенин Н.А. Технологии виртуальной и дополненной реальности и возможность их применения в военном образовании / труды конференции «тенденции развития науки и образования». 2017. С. 16-22.

3. Тычков А.Ю., Волкова К.Ю., Киселева Д.В., Родионова Е.А. Обзор систем виртуальной реальности / Известия вузов. Поволжский регион. Технические науки. №2(54), 2020, с. 3-13.

УДК 615.47

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЙ

А.Э. Павлов¹, Р.Р. Мухаметзянов², Э.А. Мухамедзянов³, И.В. Токтаров⁴,
Р.Р. Гарифуллин⁵

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент П.П. Павлов

^{1,2,3,4,5}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г.Казань, Россия

¹pavlov-1557-104@yandex.ru, ²rishat05282000@gmail.com, ³kgeu-et@yandex.ru,

⁴kgeu-et@yandex.ru, ⁵kgeu-et@yandex.ru

Из-за особенностей химического состава литий-ионных батарей, влияния рабочей среды, а также для увеличения производительности и, главное, безопасности портативного медицинского изделия вместе с использованием таких батарей в медицинском изделии необходимо использовать систему управления источником питания.

Система управления контролирует изменение емкости, полное сопротивление батареи, силу тока, напряжение и другие критические параметры аккумуляторной батареи и сообщает информацию в блок управления системному контроллеру по шине последовательной связи. Техническое решение системы управления основано на разработке трех основных секций и трех блоков: измерительно-вычислительная секция, исполнительная секция, секция вторичной защиты, блок предохранителя, блок термисторов, блок полевых транзисторов.

Представлены выводы о работоспособности системы управления и необходимости дополнительной калибровки с помощью калибровочного модуля.

Ключевые слова: система управления источником питания, портативное медицинское изделие, балансировка.

BATTERY MANAGEMENT SYSTEM OF MEDICAL DEVICES

A.E. Pavlov¹, R.R. Mukhametzhanov², E.A. Mukhamedzhanov³

I.V. Toktarov⁴, R.R. Garifullin⁵

^{1,2,3,4,5}KSPEU, Kazan, Russia

¹pavlov-1557-104@yandex.ru, ²rishat05282000@gmail.com, ³kgeu-et@yandex.ru,

⁴kgeu-et@yandex.ru, ⁵kgeu-et@yandex.ru

Due to the features of the chemical composition of lithium-ion batteries, the influence of the working environment, and also to increase the productivity and, most importantly, the safety of the portable medical product, along with the use of lithium-ion batteries in the medical device, it is necessary to use a battery management system.

The battery management system monitors the change in capacity, battery impedance, current strength, voltage and other critical parameters of the battery and reports information to the control unit of the system controller via a serial communication bus. The technical solution of the battery management system is based on the development of three main sections and three blocks: a measuring and computing section, an executive section, a secondary protection section, a fuse block, a thermistor block, a field-effect transistor block.

Conclusions are presented about the functioning of the battery management system and the need for additional calibration using a calibration module.

Keywords: battery management system, portable medical product, balancing.

Из-за особенностей химического состава, влияния рабочей среды, а также для увеличения производительности и, главное, безопасности изделия вместе с использованием литий-ионных батарей в медицинском изделии необходимо использовать систему управления источником питания [1]. Помимо контроля параметров аккумуляторной батареи и продления тем самым срока службы батареи и изделия в целом, без внедрения в изделие данной системы, в батарее может произойти дисбаланс ячеек [2]. Дисбаланс ячеек вызовет деградацию химического элемента тех ячеек, которые не заряжаются до конца и не разряжаются полностью в силу наличия в батарейном блоке более слабой ячейки с уменьшенной емкостью, которая достигает полной зарядки и разрядки раньше других [2-3]. Деградация химического элемента ячейки вызовет ухудшение параметров батареи, что скажется на сроке службы изделия. Вышедшая из строя батарея потребует замены, что несет в себе

дополнительные экономические потери. Поэтому необходимо использование системы управления в медицинском изделии.

Техническое решение системы управления основано на разработке трех основных секций и трех блоков. Измерительно-вычислительная секция представляет из себя микроконтроллер с подключенными пассивными элементами. Она управляет исполнительной секцией, получает от нее данные, снимаемые с батарейного блока, вычисляет вторичные данные и передает данные о состоянии батареи на главный микропроцессор [4].

Исполнительная секция служит для сбора данных с батарейного блока, передачи данных в измерительно-вычислительную секцию, защиты батарейного блока от перегрузки с помощью отдельного блока полевых транзисторов, активной балансировки ячеек батареи с помощью встроенных байпасов и измерения температуры с помощью блока термисторов [5].

Также установлена секция вторичной защиты от перенапряжения, в которую встроена высокоточная прецизионная схема обнаружения перенапряжения. При обнаружении перенапряжения данная секция может разомкнуть цепь питания, благодаря блоку предохранителей, тем самым устраняя возможность воспламенения батареи при критических ситуациях [6].

Проведена проверка взаимодействия главного микроконтроллера изделия с платой системы управления: связь через шину последовательной связи SMBus работала исправно. Проведена также проверка работоспособности функциональных блоков: результат оказался положительным – все функции системы управления тестовой партии работали исправно. Однако поскольку АЦП, установленные в микросхемах системы управления, имеют особенности измерения токов, напряжения и температуры, необходимо производить калибровку масштабных коэффициентов и задавать смещение для повышения точности измерений. Для этих целей предполагается использовать калибровочный модуль системы управления источников питания медицинских изделий.

Источники

1. Steinhorst, S., Shao, Z., Chakraborty, S., Kauer, M. et al. Distributed reconfigurable Battery System Management Architectures // 21st Asia and South Pacific Design Automation Conference.2016. P. 429 – 434.

2. Yuanmao Ye, K.W.E. Cheng, Yat Chi Fong, XiangdangXue, and Jiongkang Lin. Topology, Modeling and Design of Switched-Capacitor-Based Cell Balancing Systems and Their Balancing Exploration // IEEE Transactions on Power Electronics.2016. Vol. 32(6).P.4444 – 4454.

3. Lukáš Valda, KamilKosturik. Comparison of Li-ion active cell balancing methods replacing passive cell balancer // International Conference on Applied Electronics (AE). 2015. P. 25-33.

4. An Shi-qi, Qi An-ning. Design and Realization of SPI Interface in Lithiumion Battery Voltage Measuring System // The 6th International Conference on Computer Science & Education.2011. P. 83 – 87.

5. Carkhuff, B. G., Demirev, P. A., & Srinivasan, R. Impedance-Based Battery Management System for Safety Monitoring of Lithium-Ion Batteries // IEEE Transactions on Industrial Electronics. 2017. Vol. 65(8). P. 6497 – 6504.

6. Minkyu Lee, Jaesik Lee, Inseop Lee, Joonghui Lee, and Andrew Chon. Wireless Battery Management System // International Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium.2013. P. 1 – 5.

УДК 615.47

КАЛИБРОВОЧНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЙ

А.Э. Павлов¹, Р.Р.Мухаметзянов², Э.А. Мухамедзянов³,
И.В. Токтаров⁴, Р.Р.Гарифуллин⁵

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент П.П. Павлов

^{1,2,3,4,5}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г.Казань, Россия

¹pavlov-1557-104@yandex.ru, ²rishat05282000@gmail.com, ³kgeu-et@yandex.ru,

⁴kgeu-et@yandex.ru, ⁵kgeu-et@yandex.ru

Одной из ключевых проблем, возникающих при разработке портативного медицинского изделия, является организация его энергопитания. Широко используемые перезаряжаемые литий-ионные батареи имеют существенные недостатки, вынуждающие применять специализированную систему управления, защищающую батарею от работы вне ее безопасной рабочей зоны, обеспечивая максимальную производительность. Разработана схема калибровочного модуля для проверки и настройки системы управления перезаряжаемой батареей в процессе производства, предназначенная для компенсации смещения и масштабного коэффициента схем измерения напряжения, температуры и силы тока. Техническое решение калибровочного модуля основывается на разработке трех секций: секция связи

и управления, подачи напряжения и подачи тока. Калибровка системы управления позволит обеспечить работу батареи в области допустимых значений параметров, что является определяющим в уменьшении эффекта преждевременного старения и исключает возможные опасные ситуации.

Ключевые слова: система управления источником питания, литий-ионные батареи, портативное медицинское изделие, калибровка.

CALIBRATION MODULE FOR BATTERY MANAGEMENT SYSTEM OF MEDICAL DEVICES

A.E. Pavlov¹, R.R. Mukhametzhanov², E.A. Mukhamedzhanov³,

I.V. Toktarov⁴, R.R. Garifullin⁵

^{1,2,3,4,5}KSPEU, Kazan, Russia

¹pavlov-1557-104@yandex.ru, ²rishat05282000@gmail.com, ³kgeu-et@yandex.ru,

⁴kgeu-et@yandex.ru, ⁵kgeu-et@yandex.ru

One of the main problems encountered in the development of a mobile medical device is the organization of power supply. Widely used rechargeable lithium-ion batteries have significant flaws, forcing to use a specialized battery management system that protects the battery from working outside its safe working area, ensuring maximum performance. A calibration circuit was developed for testing and adjusting a battery management system in process of fabrication to compensate the offset and gain of measurement circuits of the voltage, current and temperature. The technical solution of the calibrator was based on the development of three sections: the communication, control and temperature, the voltage supply and the current supply section. Calibration of the battery management system allowed lithium-ion battery to operate in the range of permissible parameters, which was determinant in reducing the effect of short battery lifetime and eliminated possible dangerous situations.

Keywords: Battery management system, lithium-ion battery, portable medical devices, calibration.

Одной из основополагающих проблем портативного медицинского изделия является организация его энергопитания. Любой сбой или неисправность в работе этого блока могут привести к нежелательным последствиям, например, повреждению тела или даже смерти пациента [1]. Основную долю рынка занимают литий-ионные батареи, за счет своих отличных характеристик [2]. Однако они обладают и существенными минусами: происходит постепенная потеря емкости с течением времени, она склонна к воспламенению и даже взрыву [3-4]. В следствие этого применяют систему управления, производящую непрерывный мониторинг

работы литий-ионной батареи, защищающую батарею от работы вне ее безопасной рабочей зоны, вычисляющую вторичные данные, обеспечивая максимальную производительность. Однако поскольку АЦП, установленные в микросхемах системы управления, имеют особенности измерения токов, напряжения и температуры, а также в качестве дополнительных мер для проверки и калибровки системы управления источника питания в процессе производства следует использовать калибровочный модуль, с целью улучшения параметров блока питания медицинского изделия [5-6].

Техническое решение калибровочного модуля системы управления основано на разработке трех секций: секции связи, управления и температуры, секции подачи напряжения и секции подачи тока. Калибровочный модуль может управляться через SMBus и I²C через интерфейс EV2300.

Секция связи, управления и температуры состоит из цифрового температурного датчика, который используется для сообщения температуры платы и блока индикации, который используется для управления светодиодами состояния платы, также для включения и отключения секций напряжения и тока путем управления двумя оптопарами.

Секция подачи напряжения реализует собой имитацию напряжения в аккумуляторе, подключённого к системе управления. К системе управления подсоединяется стек из 4 ячеек, тем самым на нее должны подаваться четыре различных напряжения, соответствующих напряжениям одной, двух, трех и четырех батарей. Номиналы напряжений, подаваемых на контроллер равны 3,72 В, 7,37 В, 11,05 В и 14,74 В.

Секция подачи тока спроектирована для подачи тока точного номинала в систему управления источником питания. Величину силы подаваемого тока можно настроить на три варианта: 0,5 А, 1 А или 2 А, в зависимости от настройки перемычек.

По итогам успешной проверки и калибровки опытной партии систем управления источников питания с помощью калибровочного модуля всем системам управления присвоены серийный номер и код партии, записаны дата калибровки и другие значения по умолчанию, полученные из файла данных. Компенсированы ошибки масштабных коэффициентов и смещения, возникающие в измерительных цепях систем управления источником питания: для напряжения – 0,1 %, тока – 0,8 %, температуры – 1 °С.

Источники

1. X. Wei, J. Liu, “Power sources and electrical recharging strategies for implantable medical devices,” *Front. Energy Power Eng*, vol. 2, pp. 1–13, 2008.
2. M. Rasouli, L.S.J Phee, “Energy sources and their development for application in medical devices,” *Expert Rev. Med. Devices*, vol. 5, pp. 693–709, 2010
3. J.B. Goodenough, Y. Kim, “Challenges for rechargeable batteries,” *Journal of Power Sources*, vol. 196, pp. 6688–6694, 2011.
4. D.G. Fink, H.W. Beaty, *Standard Handbook for Electrical Engineers*, 11th ed. New York: McGraw-Hill, 1978, pp. 1040–1043.
5. D.C. Bock, A.C. Marschilok, K.J. Takeuchi, E.S. Takeuchi, “Batteries used to power implantable biomedical devices.” *Electrochimica Acta*, vol. 84, pp. 155–164, 2012.
6. R. Dorn, R. Schwartz, B. Steurich, “Battery management system,” in *Lithium-Ion Batteries: Basics and Applications*, R. Korthaeuer, Eds. Berlin: Springer, 2018, pp. 165–175.

УДК 62.93, 62-791.2

УСТРОЙСТВО ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО СКАНЕРА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРОВ И КОНФИГУРАЦИИ НЕБА ПАЦИЕНТА

Т.И. Мурашкина¹, Т.В. Паршикова²

ФГБОУ ВО «ПГУ», г. Пенза

¹timurashkina@mail.ru, ²ms.parshikova01@mail.ru

В статье предложено новое устройство — волоконно-оптический сканер для определения размеров и конфигурации нёба пациента. Представлена его упрощенная схема, описано само устройство и пояснен принцип его действия.

Ключевые слова: волоконно-оптический сканер, давление, нёбо, впадина, корпус, источник излучения, оптическое волокно

FIBER-OPTIC SCANNER DEVICE FOR DETERMINING THE SIZE AND CONFIGURATION OF THE PATIENT’S PALATE

T.I. Murashkina¹, T.V. Parshikova²

^{1,2}PSU, Penza, Russia

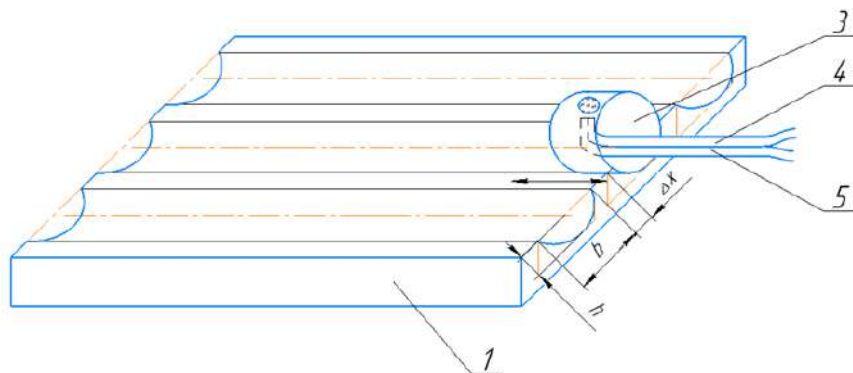
¹timurashkina@mail.ru, ²ms.parshikova01@mail.ru

The article proposes a new – a fiber-optic scanner for determining the size and configuration of the patient's palate. Its simplified scheme is presented, the device itself is described and the principle of its operation is explained.

Keywords: fiber-optic scanner, pressure, sky, cavity, housing, source of radiation, fiber-optic fibers

Развитие здравоохранения в нашей стране предполагает повышение здоровья и качества жизни граждан [1]. Но всё же известные средства диагностики и высокотехнологичные методы лечения не всегда доступны медицинским учреждениям в связи с недостаточными оснащённостью и финансовым обеспечением [2]. Поэтому перед авторами данной статьи стоит задача создания комплексного подхода к определению и диагностированию челюстно-лицевых патологий и других заболеваний органов лица и шеи с помощью современных средств измерений, в частности, волоконно-оптических ИК-микросенсоров, для получения достоверной и своевременной информации и установления окончательного диагноза.

Авторами статьи (в соавторстве) предлагается новое изобретение — волоконно-оптический сканер для определения размеров и конфигурации нёба [3]. На рисунке 1 представлена его упрощенная конструкция.



Упрощенная конструкция волоконно-оптического сканера нёба для определения размеров и конфигурации нёба

Волоконно-оптический сканер содержит основание 1, в котором на расстоянии ΔX друг от друга выполнены n -направляющих в виде впадин глубиной h и шириной b , в которых перемещается корпус 3 с расположенной внутри него оптической системой в виде подводящего (ПОВ) 4 и отводящего (ООВ) 5 оптических волокон. Первые торцы оптических волокон 4 и 5, расположенных в корпусе, параллельны направлению его перемещения, а их оптические оси перпендикулярны освещаемой поверхности (нёба). Вторые

торцы оптических волокон стыкуются с источником излучения и приемником излучения соответственно, расположенными в электронном блоке сканера, где осуществляется электрооптическое и фотоэлектрическое преобразования.

Впадины в основании могут быть цилиндрическими или прямоугольными. Форма и внешние размеры корпуса могут совпадать с формой и внешними размерами впадин. Также возможен вариант, когда впадины прямоугольные, а корпус цилиндрический.

Предлагаемый способ определения размеров и конфигурации нёба с помощью предлагаемого волоконно-оптического сканера осуществляется следующим образом.

Световой поток от источника излучения по ПОВ направляется на нёбо. Отражённый от него световой поток поступает в приёмный торец ООВ и направляется по нему на приёмник излучения, где преобразуется в электрический сигнал. Корпус перемещается вдоль первой впадины, в некоторых точках с одинаковыми интервалами с выхода приёмника излучения снимаются электрические сигналы, пропорциональные расстояниям от излучающего торца ПОВ до нёба в данных точках. Результаты заносятся в первую строку матрицы электрических сигналов, которая потом преобразуется в матрицу длины.

Затем аналогичные операции повторяют в каждой впадине, таким образом заполняется матрица длины, в соответствии с которой, в дальнейшем, осуществляется 3D-моделирование нёба. Деталь, повторяющую профиль и размеры нёба, можно напечатать с помощью 3D-принтера.

Данный сканер располагается в малом объёме рта пациента, то есть он может использоваться для детей, к тому же исключается электромагнитное излучение в полости рта пациента, так как используется абсолютно безопасное оптическое излучение мощность не более 10 мкВт.

Источники

1. Скворцова, В. И. Развитие здравоохранения России // Healthy Nation. – 2012. – № 3. – С. 1–11.

2. Кузьмина Э. М. Стоматологическая заболеваемость населения России. Состояние твердых тканей зубов. Распространённость зубочелюстных аномалий. Потребность в протезировании / Э.М. Кузьмина. – М. : МГМСУ, 2009. – 236 с.; Актуальные вопросы оказания стоматологической помощи в рамках программы обязательного медицинского страхования / В.Д. Вагнер, Л.Е. Смирнова // Институт Стоматологии. – 2010. – № 1. – С. 10–13; Картон, Е. А. Организация и

планирование комплексной реабилитации пациентов с сагиттальными аномалиями окклюзии // Социальные аспекты здоровья населения. – 2015. – Т. 43. – № 3. – С. 8.

3. Заявка на изобретение № 2022118864/20 11.07.2022 Способ определения размеров и конфигурации нёба и волоконно-оптический сканер для его реализации/ Т.И. Мурашкина, Е.А. Бадеева, Т.В. Гайворонская, Д.И. Серебряков, А.Н. Кукушкин, Ф.С. Аюпова, Ю.А. Васильев, Плотникова Е.Ю., Т.В. Паршикова

УДК 621.38:615.47

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДВУХКАНАЛЬНОГО ЛАЗЕРНОГО ФОТОПЛЕТИЗМОГРАФА ФПГ- 2КЛ

А.Ш.Сафонов¹, А.М.Субханова², Е.С. Хиллес Ферас³, Р.Н. Хизбуллин⁴

^{1,2,3,4}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

sashauchastkin@gmail.com¹, alina8sub@gmail.com², bioferas2020@gmail.com³,

Robert.Khizbullin@mail.ru⁴

В статье представлены способы улучшения программы для визуализации данных фотоплетизмографа. Синхронизация каналов происходит внутренними средствами предустановленных в программе библиотек и изменением исходного кода программы. Оптимизированная версия приложения помогает получать графические данные в удобном для врачей формате.

Ключевые слова: фотоплетизмограф, программа PPG3, синхронизация масштабирования.

IMPROVEMENT OF THE SOFTWARE OF THE TWO-CHANNEL LASER PHOTOPLETHYSMOGRAPH PPG-2KL

A.Sh. Safonov¹, A.M. Subkhanova², E.S. Hilles Feras³, R.N. Khizbullin⁴

^{1,2,3,4}KSPEU, Kazan, Russia

sashauchastkin@gmail.com¹, alina8sub@gmail.com², bioferas2020@gmail.com³,

Robert.Khizbullin@mail.ru⁴

The article presents ways to improve the program for visualizing photoplethysmograph data Synchronization of channels occurs by internal means of libraries

preinstalled in the program and by changing the source code of the program. The optimized version of the application helps to obtain graphical data in a format convenient for doctors.

Keywords: photoplethysmograph, PPG 3 program, zoom synchronization.

В ходе апробации фотоплетизмографа ФПГ-2КЛ [1,4,5] в медицинских учреждениях, со стороны практикующих врачей были высказаны пожелания по работе данного фотоплетизмографа, а именно для улучшения визуализации различных регистрируемых параметров из фотоплетизмограммы, получаемой посредством лазерных датчиков [2,3,6].

В изначальной программе фотоплетизмографа ФПГ-2КЛ [1-3] для визуализации данных *PPG3*, написанной на языке *C#*, существовали проблемы с масштабированием трех графиков (каналов), синхронизацией их между собой. Для решения этой проблемы были декомпилированы, проанализированы и пересобраны *EXE*-файл программы и используемые *dll* библиотеки.

Проблемы находились в части (подпроекте) программы *PPG3 PlotManager*, *dll* библиотеках *Dynamic Data Display* и *Data Processing Tree*.

Для нормализации работы графиков было убрано управление мышкой.

Реализация удаления управления мышкой:
plotter.Children.Remove(plotter.Mouse Navigation).

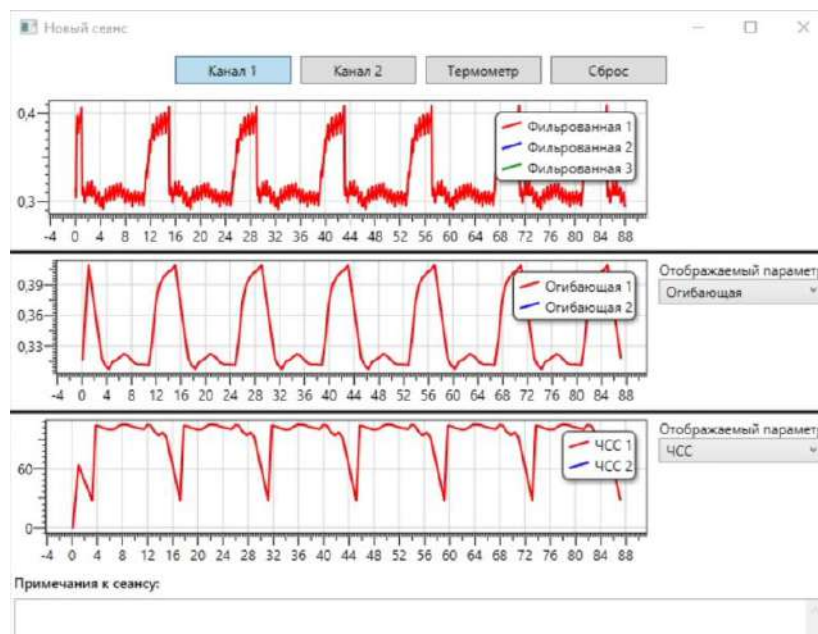
Для решения проблем с масштабами трех графиков существовало два решения:

- выполняется ось *X* статичной, т.е. создаем промежуток *[0;100]* и дальнейшая реализация с помощью методов *Viewport Axes Range Restriction* и *Display Range (start, end)*.
- выполняется ось *X* постоянно обновляющейся, т.е. промежуток *[0;x]*, где *x* – текущее значение времени.

Обратная компиляция проекта после изменения кода программы и *dll* библиотек происходила в *VS 2022*. Декомпиляция проекта происходила в *Dot Peek*.

Управление мышкой регулируется в разделе *MouseNavigation* библиотеки *Dynamic Data Display*.

Пример работы программы показан на рисунке:



Пример получения фотоплетизмограммы для различных каналов после обновления приложения фотоплетизмографа ФПГ-2КЛ

Обновленная программа для лазерного фотоплетизмографа ФПГ-2КЛ на данный момент проходит испытания на базе центра реабилитации спортсменов в Поволжской государственной академии физической культуры, спорта и туризма, и в городской клинической больнице №5 г. Москвы в нейрохирургическом отделении.

Имеются первые положительные отзывы от врачей по работе обновленной программы *PPG3* лазерного двухканального фотоплетизмографа ФПГ-2КЛ.

Источники

1. Хизбуллин Р.Н. Принципы построения трехволнового двухканального лазерного пульсоксиметра //Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. - №2.-2022.-С. 90-100.
2. Хизбуллин Р.Н. Научно-практическое обоснование конструкции и расчет оптической части лазерного пульсоксиметра ПСОЗ-2КЛ //Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. - №2.-2022. -С. 101-113.
3. Ларюшин А.И., Хизбуллин Р.Н. Оптико-электронные приборы и биодозиметрический контроль в медицине: монография. – Казань: Казан.гос. энерг. ун-т, 2018. -248 с.
4. Хизбуллин Р.Н. Автоматизированный медицинский аппаратный комплекс для предсменного осмотра персонала

энергетических предприятий /Хизбуллин Р.Н., Ларюшин А.И. Казань: «Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики». КГЭУ - 2014. -№ 1-2. –С.125-133.

5. 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 Международной научно-практической конференции ITS Forum – KAZAN 2018. – Казань: Центр инновационных технологий, 2018. Ч.1. – С. 459- 465.

6. Хизбуллин Р.Н. Обоснование выбора чувствительного элемента прецизионного датчика температуры /Хизбуллин Р.Н., Замалтдинов М.Ф.// Казань: «Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики». КГЭУ -2011. -№ 1-2. –С.38-45.

УДК 615.851.82:78

ВЛИЯНИЕ МУЗЫКИ НА МОЗГ ЧЕЛОВЕКА

С.Ю. Тверская

Науч. рук. д-р. техн. наук, доцент А.Ю. Тычков

ФГБОУ ВО «ПГУ», г. Пенза

tverskaya_sofya@mail.ru

Известно, что музыка имеет огромное влияние на человека, на развитие интеллекта и проявление чувств и эмоций. В настоящее время тема влияния музыки на человека стала довольно актуальна, поэтому появляется большое количество исследований на эту тему в разных областях науки. В данной работе представлены некоторые исследования из различных направлений и приведены результаты работ.

Ключевые слова: электрическая активность головного мозга, информативные параметры, коррекция эмоционального состояния, музыкальное воздействие.

INFLUENCE OF MUSIC ON THE HUMAN BRAIN

S.Yu. Tverskaya

"PSU", Penza, Russia

tverskaya_sofya@mail.ru

It is known that music has a huge impact on a person, on the development of intellect and the manifestation of feelings and emotions. At present, the topic of the influence of music on a person has become quite relevant, so there is a large number of studies on this topic in various fields of science. In this paper, some studies from various fields are presented and the results of the work are presented.

Keywords: electrical activity of the brain, informative parameters, correction of the emotional state, musical impact.

Давно известно, что музыка имеет большое влияние на развитие интеллекта и чувств, но в последнее время ученые задались вопросом о непосредственном ее влиянии на развитие мозга. В настоящее время музыка широко используется в качестве вспомогательного лечения для восстановления двигательной функции и эмоциональной регуляции у пациентов с эпилепсией, болезнью Паркинсона, инсультом. Это также оказывает определенное положительное влияние на физиологию и психологию во время физических упражнений.

Данное направление актуально, и проводится достаточное количество исследований в области влияния музыки на мозг человека, были рассмотрены следующие статьи и приведены их результаты:

В работе [1] рассматривается влияние музыкальных стимулов на кортикомышечную связь и функциональную сеть связи мозга. Результаты этого исследования показывают, что терапия музыкальной стимуляции может улучшить поток информации между ЭЭГ (электроэнцефалография) и ЭМГ (электромиография), а также может улучшить функциональные сети мозга и эффективность всего мозга. Эта работа закладывает основу для последующих исследований пациентов с инсультом и нейропластичности.

В работе [2] проводилось исследование ЭЭГ при прослушивании бинауральных ударов 15 Гц в состоянии умственной усталости. Результаты этого исследования показывают, что прослушивание бинауральных ударов 15 Гц является доказанным вмешательством при умственной усталости, которое может способствовать поддержанию функции рабочей памяти, улучшению топологической структуры мозга и облегчению снижения функции мозга, которое происходит в умственно усталом состоянии.

Исследование [3] проводилось при прослушивании живой музыки. Согласно полученным результатам, возможно изучать функции мозга слушателей с помощью ЭЭГ во время живых музыкальных выступлений вне лаборатории, при этом тета-активность будет отражать наличие импровизации в выступлениях.

В работе [4] рассматривается влияние прослушивания музыки на функциональную связь мозга ЭЭГ, при краткосрочном и долгосрочном исследовании. Изучение прослушивания музыки в течение короткого времени подтверждает, что любимая или предпочтительная музыка может влиять на функциональную связность мозга (FC) субъекта и вызывать состояние расслабления. Исследование короткой продолжительности также подтверждает значительную эффективность расслабляющей музыки над любимой музыкой, чтобы вызвать расслабление у субъекта. При исследовании длительного воздействия сделан вывод, что прослушивание расслабляющей музыки может увеличить функциональную связность и прочность связей в лобной доле субъекта. Значительное увеличение FC в альфа- и тета-диапазоне и значительное снижение FC в бета-диапазоне в лобной и теменной доле мозга подтверждает гипотезу о том, что расслабляющая музыка может помочь субъекту достичь расслабления.

Работа [5] объединяет технологию виртуальной реальности (VR) и электроэнцефалографии в дизайн виртуального пространства для многопользовательской реабилитации. Основываясь на обратной связи мозговых волн, активность мозговых волн была измерена, чтобы судить о влиянии музыки на активацию мозговых волн пользователей. Система создала индивидуальный список музыки для пользователей, чтобы помочь им создать лучший сценарий реабилитации в среде с улучшенным музыкой. Целью данного исследования является предоставление соответствующих реабилитационных процедур и планов посредством персонализированного численного анализа и улучшение непосредственности клинической оценки физической терапии.

Источники

1. Wang T., Tang J., Wang C., Yang D., Li J., Kong W., Xi X. Effect of music stimuli on corticomuscular coupling and the brain functional connectivity network// Biomedical Signal Processing and Control. 2023. 79. No 104264.
2. Wang X., Lu H., He Y., Sun K., Feng T., Zhu X. Listening to 15 Hz Binaural Beats Enhances the Connectivity of Functional Brain Networks in the Mental Fatigue State—An EEG Study// Brain Sciences. 2022. 12 (9). No 1161.
3. Tervaniemi M., Pousi S., Seppälä M., Makkonen T. Brain oscillation recordings of the audience in a live concert-like setting// Cognitive Processing. 2022. 23 (2). pp. 329-337.

4. Mahmood D., Nisar H., Yap V.V., Tsai C.-Y. The Effect of Music Listening on EEG Functional Connectivity of Brain: A Short-Duration and Long-Duration Study// Mathematics. 2022. 10 (3). No 349.

5. Lin P.-J., Lam M.-L. Development of Virtual Reality Training System Based on EEG Biofeedback// Lecture Notes in Networks and Systems. 2022. 333. pp. 257-265.

УДК 621.38:615.47

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАСШИРЕННОЙ ГАРАНТИИ НА МЕДИЦИНСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Е.С. Хиллес Ферас¹, Р.Н. Хизбуллин²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

^{1,2}bioferas2020@gmail.com

В статье анализируется современная тенденция, заключающаяся в том, что за счет применения новых технических решений (ноу-хау) при производстве высокотехнологического медицинского оборудования, предприятия - изготовители данного оборудования выполняют не только обязательные гарантийные обслуживания, но и сервисные обслуживания в постгарантийных сроках. В этом случае, производитель медицинского оборудования, становится монополистом технического обслуживания проданного медицинского оборудования, и устанавливают стоимость технического обслуживания зачастую намного выше их реальной рыночной стоимости. В этом контексте медицинским организациям требуется высокая доступность обслуживания своего оборудования по разумной стоимости, в то время как производитель оборудования стремится максимизировать свою прибыль, навязывая услуги расширенной гарантии для потребителей. Перед медицинскими организациями остро встает вопрос о дальнейшем заключении Договора на постгарантийное техническое обслуживание с производителем оборудования, и главное – на какое именно техническое обслуживание. В этом случае необходимо воспользоваться стационарной моделью согласования частных и общественных интересов при определении необходимых ресурсов с помощью построения равновесия Штакельберга или так называемой игры Штакельберга.

Ключевые слова: медицинское оборудование; расширенная гарантия; постгарантийное обслуживание, игра Штакельберга; генерализованный процесс обновления.

ANALYSIS OF THE USE OF EXTENDED WARRANTY FOR MEDICAL EQUIPMENT

E.S. Hilles Feras¹, R.N. Khizbullin²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

^{1,2}bioferas2020@gmail.com

The article analyzes the current trend, which implies that due to the use of new technical solutions (know-how) in the production of high-tech medical equipment, manufacturers of this equipment perform not only mandatory warranty services, but also post-warranty service. In this case, the manufacturer of medical equipment becomes a monopolist of the maintenance of the medical equipment sold, and the maintenance cost is often much higher than their real market value. In this context, medical organizations require high availability of maintenance of their equipment at a reasonable cost, while the equipment manufacturer seeks to maximize its profits by imposing extended warranty services for consumers. Medical organizations are acutely faced with the question of further conclusion of a Contract for post-warranty maintenance with the equipment manufacturer, and most importantly – for what kind of maintenance. In this case, it is necessary to use a stationary model of coordination of private and public interests in determining the necessary resources by constructing the Stackelberg equilibrium or the so-called Stackelberg game.

Keywords: medical equipment; extended warranty; post-warranty service, Stackelberg game; generalized update process.

Медицинское оборудование играет важную роль в современном здравоохранении учреждений, поскольку они преследуют следующие цели: диагностика, профилактика заболеваний, мониторинг и лечение пациентов. В течение последних десятилетий, по мере развития технологий, обслуживание таких оборудований стало слишком сложным, чтобы его можно было делать своими руками. Следовательно, эта деятельность обычно возлагалась на оригинальный производитель оборудования. В этом контексте важность более глубокого изучения гарантии проблема подкрепляется той ролью, которую управление техническим обслуживанием играет в гарантии качества медицинских услуг.

Учитывая, что производители усилили новую тенденцию, продажа дополнительного, необязательного покрытия, которое начинается после истечения срока действия базовой гарантии, называемой расширенной гарантией. Таким образом, покупатель решает, платить ли дополнительную стоимость в момент покупки, в то время как

производитель оборудования будет корректно обслуживать оборудование в течение заданного периода даже после истечения срока обычной гарантии.

Важно подчеркнуть, что расширенная гарантия в конечном итоге создает конфликт интересов между владельцем оборудования и их производителем. В частности, покупателю нужна высокая доступность своего оборудования при разумной стоимости обслуживания, тогда как производитель стремится максимизировать свою прибыль за счет добавления постпродажных услуг. Следовательно, расширенная гарантия влияет на результаты как покупателей, так и производителей, когда действия одного влияют на результаты другого. В этой ситуации (теория игр) предлагает подходящий подход к решению этой проблемы [1].

Среди различных игр, которые можно использовать для моделирования взаимодействия между агентами игра «лидер-последователь» по Штакельбергу является хорошей возможностью заключения договоров на сервисное обслуживание медицинской техники. В этом контексте производитель обычно является единственной стороной, способной выполнять техническое обслуживание, поскольку он обладает техническими знаниями, опытом, технологиями и запасными частями для выполнения ремонта. Больница, в свою очередь, нуждается в своем медицинском оборудовании в надлежащем состоянии для предоставления качественных услуг. С этих двух точек зрения отмечается неравномерное соотношение сил, которое можно смоделировать с помощью игры Штакельберга. Роль лидера возложена на производителя оборудования, который определяет условия расширенной гарантии, в то время как медицинское учреждение действует как последователь, ответ на действия, предпринятые производителем.

Количественные исследования гарантии, технического обслуживания и контракты на техническое обслуживание представлены Kim et al., Bouguerra et al., Husniah et al., Хуанг и др., Моура и соавт. и Darghouth et al. Однако в таких исследованиях используются упрощающие допущения в отношении состояния системы после проведения корректирующего технического обслуживания. Фактически, в этих документах считалось, что система возвращается либо в состояние «как новое» (идеальный ремонт), либо в состояние «как старое» (минимальный ремонт); эти две ситуации моделируются соответственно в соответствии с процессом восстановления и неоднородный пуассонский процесс. Использование этих допущений может привести к неадекватным управленческим решениям, что может привести к значительным потерям

прибыли компании из-за неправильного определения гарантийной политики.

Основываясь на анализе данных, можно построить равновесие Штакельберга, позволяющее оптимизировать потребность ремонтов медицинского оборудования в медицинских учреждениях. В дальнейшем планируется рассмотрение динамической модели и применение для решения задачи метода качественно репрезентативных сценариев.

С этой целью будет разработана дискретно-событийное моделирование, основанное на методе воспроизведения системы и получения интересующих показателей эффективности.

Источники

1. Горбанёва О.И., Угольников Г.А. Статические модели согласования общественных и частных интересов при распределении ресурсов. 2016, С. 31-37.

СЕКЦИЯ 7. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГОБЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 321.728

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ BIM-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОБЪЕКТОВ

Л.В. Абдуллина

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Р. Денисова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

lili6_93@mail.ru

В данной статье был рассмотрен вопрос о преимуществах в использовании BIM-технологий для проектных организаций, а также об экономии материала, благодаря модели в трехмерном формате.

Ключевые слова: энергоэффективность, BIM-технологии, энергетическое моделирование, проектирование, строительство, энергия, трехмерная модель, информационное моделирование

THE USE OF BIM TECHNOLOGIES IN THE DESIGN OF OBJECTS

L.V. Abdullina

KSPEU, Kazan, Russia

lili6_93@mail.ru

This article addressed the issue of the benefits of using BIM technologies for design organizations, as well as saving material, thanks to the model in a three-dimensional format.

Keywords: energy efficiency, BIM technologies, energy modeling, design, construction, energy, three-dimensional model, information modeling.

В настоящее время конкурентоспособность и эффективность реализации проектов объектов капитального строительства является основными качествами для проектных организаций. Поэтому остро встает вопрос о современной экологической ситуации, а именно потребность в эффективном потреблении энергии. Этот процесс с каждым днем становится все более обширным и строительную область он также не обошел стороной.

Для строительной организации огромную пользу приносить столь совершенная технология. Во-первых, такая технология позволит работать специалистам разных сфер в одной базе. Во-вторых, каждый специалист может наблюдать о любых внесенных изменениях. Такая возможность очень сильно сократит время на согласование разных видов поправок. Третьим, и немаловажным пунктом является экономия. Всем известный факт, что строительство – это затратный процесс. Благодаря BIM-технологиям появляется возможность заблаговременно рассчитать всевозможные затраты на развитие и реализацию проекта, именно поэтому возможно пресечение коррупции в отрасли, так как расчет сметы производится по материалам необходимым для строительства и реализации.

В России BIM-проектирование развито не очень обширно, но компании, которые уже успели, перейти на BIM-технологии подтверждает достоверность статистики [1-3]

Ниже в таблице приведены данные компаний, который уже перешли и работают в BIM-технологиях. Здесь можно заметить динамику роста эффективности BIM [4].

Рост эффективности BIM-технологий на примере компаний

№	Достоинства	Статус	
		«Новички»	«Эксперты»
1	Увеличение прибыли	9	53
2	Сохранение цепочки работ	16	69
3	Сокращение поправок в проекте	26	87
4	Повторные договоры с давними клиентами	22	72
5	Обновление услуг	32	79
6	Маркетинг бизнеса для новых клиентов	31	79
7	Поднятие производительности	50	78

Строительной отрасли огромную пользу принесет усовершенствованная технология BIM. Предполагается, что BIM-технологиями будущее, именно с самого начала обучения будущих специалистов, необходимо внедрить в обучение проектирования BIM-технологии, а так же включение в учебный процесс обязательного изучения BIM-технологий [5].

Источники

1. Фетисов Л.В., Каштанов А.И. Использование аккумуляторов на объектах ЖКХ с целью их превращения в просьюмеров. Актуальные научные исследования в современном мире. 2020. № 5-2 (61). С. 153-157
2. Роженцова Н.В, Купоросов А.В Применение BIM технологии в проектировании и эксплуатации объектов электроэнергетики // Вестник КГЭУ. 2019. № 1(61). С. 297-300.
3. Абалтусов Ю. А. BIM-технологии. Проблемы их внедрения и перспективы развития в строительстве и проектировании / Ю. А. Абалтусов, В. В. Чатуров. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2019. — № 25 (263). — С. 151-153. — URL: <https://moluch.ru/archive/263/60897/> (дата обращения: 28.03.2023).
4. Табунщиков Ю.А., Бродач М.М. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий (2-е издание, исправленное и дополненное). М.: 2012. С. 10.
5. Гурлихина, Ю. С. Расчет и выбор элементов гибридной системы питания жилого дома / Ю. С. Гурлихина, А. Р. Денисова, В. Р. Иванова // XVI Всероссийская открытая молодежная научно-практическая конференция «Диспетчеризация и управление в электроэнергетике», Казань, 20–21 октября 2021 года. – Казань: Общество с ограниченной ответственностью "Издательско-полиграфическая компания "Бриг", 2022. – С. 22-27. – EDN VFLZOV.

УДК621.64.69

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ БИООТХОДОВ И ПОЛУЧЕНИЯ БИОГАЗА В МАЛОГАБАРИТНЫХ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВКАХ

Д.С. Аптрашитов

Науч. рук. д-р. техн. наук, профессор А.И. Рудаков

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

daptrashitov@bk.ru

В статье представлен процесс переработки биоотходов в биореакторе, состоящий из 4-х основных этапов: подготовка, запуск и окончание работы биореактора, и получение биогаза. Предложена структурная схема автоматизации работы реактора биогазовой установки.

Ключевые слова: субстрат, биогаз, биогазовая установка, биореактор, процесс, брожение, загрузка, датчик.

AUTOMATION OF THE PROCESS OF BIOWASTE PROCESSING AND BIOGAS PRODUCTION IN SMALL BIOGAS PLANTS

D.S. Aprtrashitov
KSPEU, Kazan, Russia
daptrashitov@bk.ru

The article presents the process of processing biowaste in a bioreactor, consisting of 4 main stages: preparation, start-up and completion of the bioreactor, and the production of biogas. A block diagram of the automation of the operation of the biogas plant reactor is proposed.

Keywords: substrate, biogas, biogas plant, bioreactor, process, fermentation, loading, sensor.

Цель статьи показать пути повышения эффективности переработки биоотходов для получения качественных структурированных удобрений с одновременным получением биогаза, генерирующего электричество при его сжигании.

В настоящее время в мире использование нетрадиционных возобновляемых источников энергии (НВИЭ) достигло высокого уровня, ощутимого в энергобалансе ряда стран. Масштабы применения НВИЭ в мире непрерывно и интенсивно возрастают. Нетрадиционные, источники энергии, такие как солнечная и ветровая энергия, энергия биомассы и др. сегодня переживает второе рождение.

Достоинством и особенностью разработанной малогабаритной биогазовой установки является автоматизация основных технологических процессов в биореакторе [1,5].

Процесс автоматизации был разбит на 4 этапа:

- подготовка биореактора к работе;
- запуск процесса брожения в биореакторе;
- процесс получения биогаза;
- окончание работы биореактора.

Предусмотрено выполнение первого этапа - с использованием ручного и автоматического способов загрузки реактора. При ручном способе, подготовленный субстрат заливается в биореактор через

загрузочную горловину. Объем заливаемого субстрата равен 0,75 объема емкости биореактора [2,3,7].

При автоматическом способе загрузки реактора субстратом дополнительно были использованы:

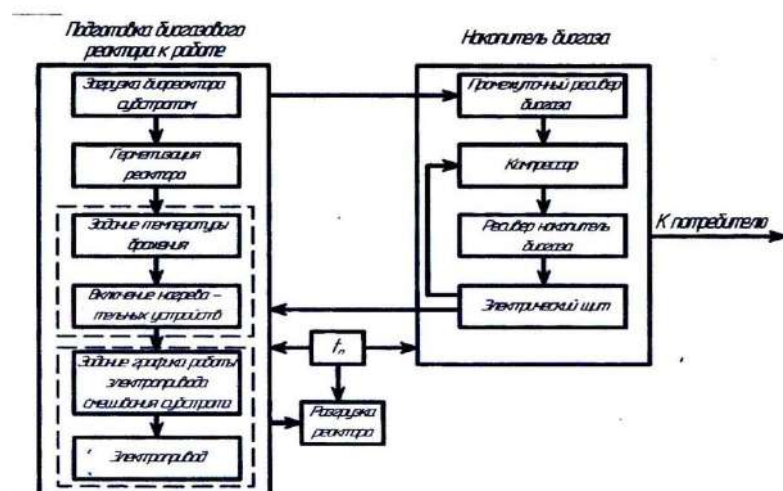
- бункер-накопитель субстрата, предназначенный для нескольких загрузок ректора;
- электрическая задвижка и насос для перекачки субстрата в биореактор;
- датчики нижнего и верхнего уровней загрузки биогазового реактора субстратом;
- программируемые реле марки ПР-110, для последовательного выполнения управляющих воздействий на систему регулирования технологического процесса.

После загрузки реактора субстратом, как при ручном, так и при автоматическом способах, осуществляется герметизация биореактора [4,6].

Второй этап, заключающийся в запуске процесса брожения, проводится после выбора режима. Рассмотренный мезофильный режим при температуре 30-35°, итермофильный режим при температуре 50-55°. Выбранный режим позволяет осуществить настройку терморегулятора нагревательного устройства. Кроме этого на этом этапе выбирается график работы электропривода мешалки.

Третий этап –относится непосредственно к процессу получения биогаза.

Последний – четвертый, относится ко времени окончания работы биогазового реактора и разработанной биогазовой установки в целом.



Структурная схема автоматизации работы реактора биогазовой установки.

Источники

1. Перспективы технологии совместного сжигания биомассы и угля на объектах энергетики / Е. С. Дремичева, Э. Р. Зверева, Ф. И. Бурганова, Л. О. Зверев // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2021. – Т. 23, № 1. – С. 3-5.
2. Бирюков В.В. Основы промышленной биотехнологии. // М.: КолосС, 2004. - 296 с.
3. Блянкман, Л.М., Анисимова Н.И. Ресурсо- и энергосберегающие технологии в АПК // Минск: Ураджай, 1990. - 156 с.
4. Панцхава Е.С., Пожарнов В.А. Биогазовые технологии и решение современных проблем экологии, энергетики и агрохимии в России.
5. Рудаков А.И., Нурсубин М.С., Чапчин С.А. Математическая модель тепловых потоков в биореакторе биогазовой установки // Мат. методы в технике и технологии Сб. тр. XX1 междунар. научн. конф.: 10 т. Информ. технол. систем и процессов ММТТ. - Саратов: 2008 - С. 135 - 137.
6. Нуреев З.З., Рудаков А.И. Переносная малогабаритная биогазовая установка // Вестник КГАУ №4, Казань: изд-во Казанского КГАУ, 2012 -С. 37-40.
7. Хусаенов И.А., Денисова А.Р., Роженцова Н.В. Использование альтернативных источников энергии для питания удаленных от энергосистемы потребителей //Фёдоровские чтения - 2013. XLIII Международная научно-практическая конференция (Москва, 6-8 ноября 2013г.) /под общ. Ред. Б.И. Кудрина, Ю.В. Матюниной. - М.: Издательский дом МЭИ, 2013.- 216 с. - С. 178-179.

УДК 62.681.5.

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

К.А. Баданов

Науч. рук. д-р. техн. наук, профессор А.И. Рудаков

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

badanovkostya@gmail.com

Данная тема исследования касается повышения эффективности вертикальных гибридных солнечно-ветровых электроустановок, которые используют возобновляемые

источники энергии. В аннотации рассматриваются вопросы повышения эффективности гибридных электроустановок за счет оптимизации различных факторов.

Ключевые слова: энергоэффективность, вертикальная электроустановка, солнце, ветер, источник, энергия, лопасть.

INCREASING THE EFFICIENCY OF VERTICAL HYBRID SOLAR-WIND ELECTRIC INSTALLATIONS ON RENEWABLE ENERGY BASE

K.A. Badanov
KSPEU, Kazan, Russia
badanovkostya@gmail.com

This research topic is about increasing the efficiency of vertical solar-wind hybrid power plants that use renewable energy sources. The abstract discusses the issues of increasing the efficiency of hybrid electrical installations by optimizing various factors.

Keywords: energy efficiency, vertical electrical installation, sun, wind, source, energy, blade.

В последнее время значительно увеличилось использование возобновляемых (нетрадиционных) источников энергии. Их использование значительно снижает или полностью исключает расходы на ГСМ, повышает качество используемого электричества [5,6,7].

Солнечная и ветряная энергия являются одним из самых востребованных направлений в электроэнергетике. Основу этого типа энергий солнце и ветер наиболее широко используемые на Земле. Как правило, срок службы солнечных панелей (солнечной установки) и ветрогенератора (ветроустановки) составляет 25 лет и больше [2,3].

Солнечные и ветряные установки, на данный момент, требуют использования дизель-генераторов (ДГ) и дизельных электростанций (ДЭС), чтобы обеспечить их стабильную работу [8]. Несмотря на то, что эти установки являются главным источником энергии в малом энергетическом секторе России, они имеют серьезные недостатки, такие как высокий расход органического топлива на производство одного киловатт-часа электроэнергии и негативное влияние на экологию окружающей среды. Однако, пока нет полноценной замены для этих установок.

Совместная работа вертикальной ветроустановки и панелей фотоэлементов повышает производительность комбинированного агрегата,

а использование аккумуляторных батарей приводит к тому, что электроснабжение осуществляется, при необходимости, непрерывно, даже ночью при полном отсутствии ветра [1,4].

Таблица 1

Эксплуатационные параметры вертикального электрогенератора и фотоэлементов повышенной производительности

Ветер	Ночь	Осадки, облачно, солнечно
0 - 1,5 м/с	аккумулятор	фотогенератор
от 1,5 м/с	ветрогенератор	фотогенератор и ветрогенератор

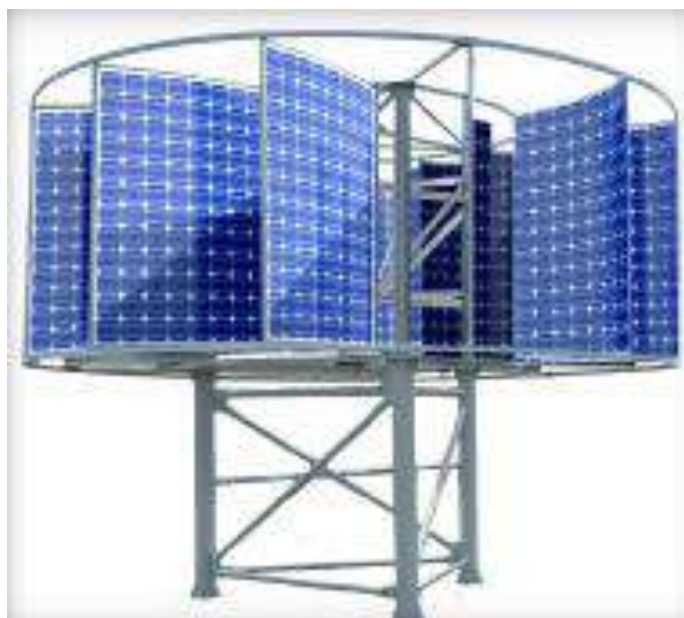


Фото-ветровая электроустановка

На рисунке приведено фото гибридной фото-ветровой электроустановки. Система работает даже при небольшом ветре: от 1,5 м/с. Солнечные батареи повышенной производительности производят электроэнергию, как в ясную, так и в пасмурную погоду. Накопительные аккумуляторы обеспечивают резервное питание ночью, при полном отсутствии ветра.

Ниже приведены рабочие параметры малогабаритной фото-ветровой электроустановки.

Рабочие параметры малогабаритной фото-ветровой электроустановки

Номинальная выходная мощность	3 кВт
Максимальная выходная мощность	4,8 кВт
Мощность при работе в безветренный, пасмурный день	до 2 кВт
Стартовая скорость ветра	1,5 м/с
Рабочая (номинальная) скорость ветра	4 м/с
Ориентация на ветер	Не требуется

Отметим, что:

- установка работает при малой скорости ветра, от 1,5 м/с;
- солнечные батареи производят электроэнергию, при любой погоде;
- аккумуляторы обеспечивают питание ночью, при отсутствии ветра;
- использование накопительной энергии позволяет оптимизировать процессы, что приводит к увеличению срока службы аккумуляторов [2,4].

Источники

1. Гайфуллин И.Х. Рудаков А.И., Кашапов И.И., Зиганшин Б.Г. Расчет теплового баланса и обоснование параметров малогабаритной биогазовой установки с мезофильным сбраживанием субстрата. // Вестник Казанского ГАУ. № 3 (41). Казань, изд-во КГАУ. 09.2017 С.63 - 67.
2. Ильина О.Л., Зеленов С.Н, Рудаков А.И. Оптимизация параметров фотоветровой электроустановки. Матер. междунар. науч. практ. конф. «Актуальные науч. иссл. в современном мире» 24.12.2016 г. Изд-во «Мир науки» - София. С. 32-38.
3. Кирпичникова И.М. Малюгина А.А. Оценка энергетической эффективности возобновляемой энергетики // Альтернативная энергетика и экология.-2015.-Том 7-8.- С.19-24.
4. Лукутин Б.В., Муравлев И.О., Плотников И.А. Системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического ун-та, 2015.-128 с.
5. Попель О.С. Автономные энергоустановки на возобновляемых источниках энергии // Ж: Энергосбережение за №3 2006. С. 70-76.
6. Стычинский З.А. Воропай Н.И. Возобновляемые источники энергии. Теоретические основы, технологии, технические характеристик, экономика // Otto-von- Guericke-Universitat. - Магдебург 2010, - 209 с.
7. Хусаенов И.А., Денисова А.Р., Роженцова Н.В. Использование альтернативных источников. М.: Изд. дом МЭИ, 2013.- 216 с. С. 178-179.

8. Формирование энергоэффективных режимов дизельной электростанции инверторного типа / Б. В. Лукутин, Г. Н. Климова, С. Г. Обухов и др. - Изв. вузов. Электромеханика, 2009, № 6.

УДК 621.313.3

НЕГАТИВНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ СИНЕЙ ОБЛАСТИ ОПТИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНА ИЗЛУЧЕНИЯ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

Р.Р. Бакирова

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Р. Денисова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

r.bakirova2017@yandex.ru

В данной работе рассмотрены вопросы о негативном воздействии синей области оптического диапазона излучения светодиодных светильников и пульсаций на зрение и естественные биоритмы человека. Также рассмотрены светодиоды нового поколения, которые максимально приближены к солнечному свету

Ключевые слова: светодиоды, люминофор, «синий пик», пульсации, биоритмы, RGB технологии

NEGATIVE IMPACT OF THE BLUE AREA OF THE OPTICAL RANGE OF LED LAMPS ON HUMAN HEALTH

R.R. Bakirova

KSPEU, Kazan, Russia

r.bakirova2017@yandex.ru

This article discusses a negative impact of the blue area of the optical range of LED lamps and pulsations on vision and natural human biorhythms. New generation LEDs that are as close as possible to sunlight are also considered.

Keywords: LEDs, phosphor, "blue peak", pulsations, biorhythms, RGB technologies

В последние годы светодиоды являются самым популярным источником света за счет своих достоинств: низкое энергопотребление, длительный срок эксплуатации, низкий расход финансовых средств, отсутствие ИК- и УФ-излучений. Но как же светодиоды влияют на зрение человека и здоровье в целом?

Обычные светодиоды содержат в себе кристаллы, которые излучают синий свет. Свет становится белым за счет заливки 2-х-компонентным люминофором. Проходя сквозь него, синий свет проскальзывает без изменений, часть спектра превращается в зеленый и красный.

Человеческий глаз может воспринимать спектр в пределах 3000-3500 К. Чем выше это значение, тем цветовая температура ближе к синему свету. В этом кроется фактическая опасность светодиодов. Синий спектр образует провал по длине волны. При попадании такого спектра в орган зрения замедляется скорость реакции зрачка, из-за чего синий свет проникает в зрительный орган. Особенно восприимчивы к синему спектру развивающиеся детские глаза, которые пропускают через себя 80 % синего света и поглощают опасные для сетчатки глаза волны между 430 и 440 нм. С возрастом, хрусталик глаза желтеет и поглощает более короткие длины волн. Это возрастное изменение защищает сетчатку от синего света и уменьшает скотопическое зрение (зрение в ночное время) [2].

Согласно СанПиН в «учреждениях дошкольного, школьного и профессионально-технического образования допускается применение светодиодных ламп при соблюдении нормативных требований: для дошкольных организаций цветность света должен составлять 2700-3500 К, а для высших и общеобразовательных учреждений 3500-5000 К; подразумевается использование рассеивателя (молочно-белый, опаловый, матовый); индекс цветопередачи должен быть более 80, а коэффициент пульсации не более 5%» [1].

«Синий пик» влияет на естественные биоритмы человека: при долгом использовании компьютера или телефона перед сном, воздействие синего света подавляет выработку мелатонина, отвечающего за качество сна, тем самым сбивая «Биологические часы» человека [3].

А также в некачественных светодиодах бывают мерцания или незаметные для человеческого глаза пульсации света, которые приводят к усталости и повышенной тревожности.

На сегодняшний день в качестве искусственного света используют «солнцеподобные» светодиоды, то есть максимально приближенные к спектру солнца. Белый свет получают по технологии RGB.

Новые светодиоды включают в себя 3-х-компонентный люминофор, кристалл, который излучает не синий, а фиолетовый свет, проходящий через слой фосфора с тремя светофильтрами и вызывает свечение люминофора. На выходе получается ровный спектр из красной, зеленой и синей составляющей [4].

Таким образом, новые светодиоды являются хорошей альтернативой лампам накаливания. Требуют меньше энергии, а также они постоянно совершенствуются, становятся более эффективными и безопасными.

Источники

1. СанПиН 2.4.2.2821-10. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Санитарно-эпидемиологические требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях: издание официальное: утвержден Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации от 29 декабря 2010 г. № 189.

2. Денисова, А.Р. Параметры гигиенической безопасности светодиодных источников света / А. Р. Денисова // Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники: Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции, Казань, 12–13 октября 2022 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. – С. 127-132.

3. Дейнего В.Н., Капцов В.А., Сорока А.И. Влияние света и физических полей на риск дисгармонизации синтеза мелатонина в шишковидной железе // Анализ риска здоровью. 2014, № 2. С. 30–41.

4. Первые в мире серийные лампы с солнечным спектром [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ammo1.livejournal.com/1121008.html> (дата обращения: 05.03.2023)

УДК 624.041

ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ BIM-МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Е.В. Брехов

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Л.В. Фетисов

ФГБОУ ВО "КГЭУ", г. Казань

brekhov_zhenya@mail.ru

В данной статье рассмотрена общая эффективность внедрения технологии BIM-моделирования в процесс капитального строительства, а также представлены основные преимущества и недостатки использования BIM при проектировании объектов капитального строительства.

Ключевые слова: 3D модель, BIM-моделирование, объект капитального строительства.

EVALUATION OF THE USE OF BIM MODELING IN THE DESIGN OF CAPITAL CONSTRUCTION OBJECTS

E.V. Brekhov
KSPEU, Kazan, Russia
brekhov_zhenya@mail.ru

This article discusses the overall efficiency of introduction of BIM-modeling technology in the process of capital construction, and also presents the main advantages and disadvantages of using BIM in the design of capital construction objects.

Keywords: 3D model, BIM-modeling technology, capital construction objects.

Современное капитальное строительство является очень сложным и трудоемким процессом, поскольку в нем одновременно задействованы большие группы людей, различная техника, материалы и т.д. Все составляющие этого процесса должны работать слаженно и эффективно, образуя единую систему. К сожалению, на практике часто случаются сбои из-за плохо выстроенной коммуникации, рассогласованности в использовании техники, закупки материалов и других возникающих по мере строительства проблем[1].

Решить данные проблемы позволяет внедрение BIM-моделирования, которое способствует принятию хорошо продуманных, эффективных проектных решений. Данная технология облегчает разработку технической документации и значительно повышает качество проекта.

BIM (Building Information Model) – комплекс специального программного обеспечения, позволяющий создавать и обрабатывать данные о 3D модели здания в процессе его проектирования[2]. 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.

Как и любое программное обеспечение, BIM-моделирование обладает своими преимуществами и недостатками.

Преимуществами данной технологии являются[4]:

1. Снижение количества проектных ошибок и, как следствие, затрат на проектирование и строительство;
2. Поскольку с помощью BIM возможен сбор и обработка большого количества информации об объекте, технология позволяет выполнять точный анализ проекта и принимать наилучшие решения с учётом всех имеющихся данных;
3. В системе BIM могут одновременно работать специалисты разных направлений, что также помогает исключить ошибки при проектировании и сократить время, затрачиваемое на разработку проекта;
4. BIM позволяет выполнить точное построение инженерных систем проектируемого объекта, что облегчает выбор требуемого оборудования;
5. BIM автоматически предоставляет спецификации и ведомости используемого в проекте оборудования;
6. С помощью BIM-моделирования осуществляется оптимизация процесса строительства, контроль над графиком выполнения строительных работ, расходом используемых материалов и средств.

К недостаткам данного программного обеспечения относятся[4]:

1. Высокая стоимость самого ПО и обучения[3];
2. Процесс переобучения специалиста и переход на BIM-моделирование занимает достаточно большое количество времени;
3. При переходе на BIM-моделирование появляется необходимость менять организацию и структуру процесса проектирования в целом[5];
4. Несмотря на то, что BIM предоставляет спецификации и ведомости оборудования и строительных работ, для расчета сметы необходимо использовать другие программы, поскольку в данном ПО такая функция пока не реализована;
5. Малая степень внедрения BIM и не приспособленность к выпуску проектной документации в Российской Федерации, в результате чего настройка всех параметров ПО происходит вручную, а не автоматически.

Таким образом, BIM позволяет решать огромное количество задач и проблем, с которыми сталкиваются современные проектировщики за счет создания информационной 3D модели объекта. Большой объем данных, поступающих от модели, а также их автоматический анализ, позволяют ускорить процесс разработки проекта и его реализации, а также снизить количество ошибок и повысить качество проводимых работ.

Источники

1. Талапов В.В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий. – М.: ДМК Пресс, 2011. 392 с.
2. Что такое BIM технологии? // Autodesk. [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.autodesk.ru/campaigns/aec-building-design-bds-new-seats/landing-page/> (дата обращения: 2.03.2023).
3. Талапов В.В. Технологии BIM: расходы на внедрение и доходы от пользования. [Электронный ресурс] - URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=16748 (дата обращения: 2.03.2023);
4. 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.
5. Migilinskas D., Popov V., Juocevicius V., Ustinovichius L., The benefits, obstacles, and problems of practical BIM implementation. 2013. Procedia Engineering. С. 768-769.

УДК 621.311

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОТЫ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СОЛНЕЧНЫМИ ПАНЕЛЯМИ (ТРЕКЕРАМИ) С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

А.В. Васильев

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Р.Р. Шириев

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

vasilev_albert123@mail.ru

В статье рассмотрены актуальные системы управления солнечными трекерами. Были выявлены достоинства и недостатки трекеров для стандартных солнечных панелей. Предложена электрическая схема солнечного трекера.

Ключевые слова: солнечный трекер, сервопривод, микроконтроллер.

AUTOMATION OF THE OPERATION OF THE CONTROL SYSTEM OF SOLAR PANELS (TRACKERS) USING PROGRAMMABLE ELEMENTS

A.V. Vasilev

KSPEU, Kazan, Russia

vasilev_albert123@mail.ru

The article discusses the current control systems for solar trackers. The advantages and disadvantages of trackers for standard solar panels were identified. The electrical circuit of the solar tracker is proposed.

Keywords: solar tracker, servo drive, microcontroller.

Из известных вариантов производства электроэнергии более востребованным и быстро развивающимся в настоящее время являются фотоэлектрические станции (ФЭС). Из видимых достоинств можно выделить большой срок службы, минимальные затраты на эксплуатацию и широкий объем мощностей с близким расположением к потребителям.

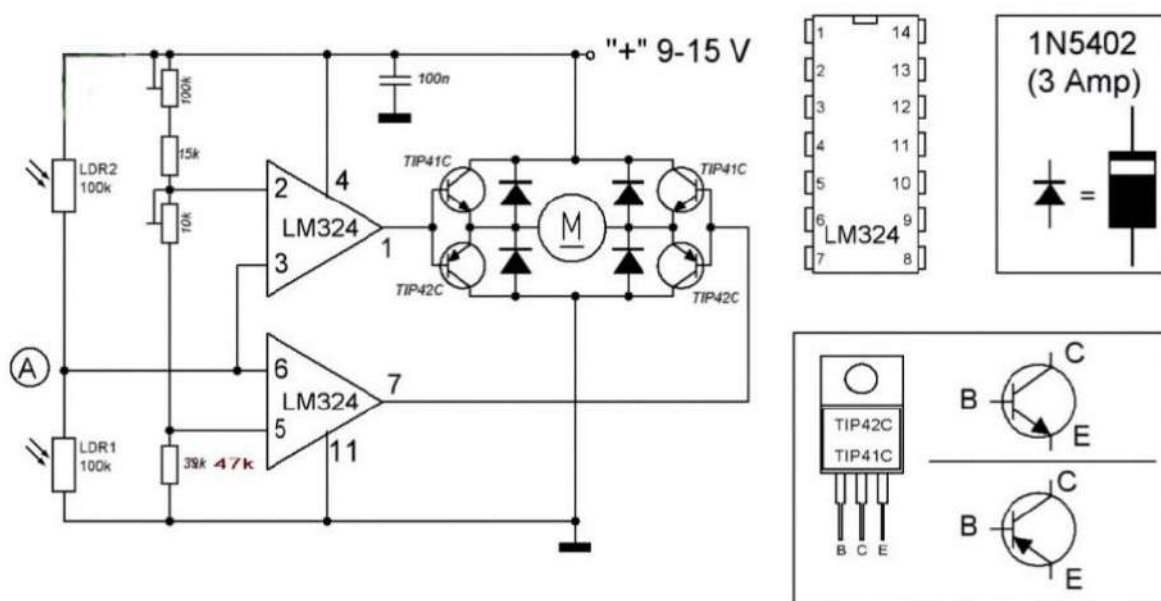
Не смотря на выраженные достоинства, замедляющим фактором внедрения ФЭС повсеместно остается высокая стоимость элементов и низкая эффективность преобразования электроэнергии в сравнении с другими типами энергоустановок. Разработчики фотоэлектрических систем ищут свежие технические решения, обеспечивающие повышение эффективности и понижения стоимости сгенерированной электроэнергии. Одним из таких решений является применение систем слежения за положением Солнца – солнечные трекары [1].

Современные солнечные трекарные системы весьма разнообразны и могут различаться по стоимости, конструкции и используемым принципам управления. По конструкции в основном выделяют одноосные и двухосные трекары. Автоматизированные солнечные трекары делятся на управляемые фотоприемниками и управляемые алгоритмами солнечной позиции [2].

Солнечный трекары, регулируемый с помощью фотодатчика, в зависимости от освещения и взаимного расположения фотодатчиков, выполняется поворот в сторону наибольшего освещения [3]. Такой способ имеет свои недостатки. Любой пасмурный день и облачная погода не даст системе исправно работать. Низкая помехозащищенность от таких

факторов как: лунный свет, очень яркие источники света, а также одиночные облака. Программируемые солнечные трекеры более совершенны в плане своей работоспособности. Так как для написания для них программного кода требуется знание положения Солнца относительно Земли. Регулирование угла поворота панелей следует проводить в соответствии с местоположением по широте, долготе, дате и времени суток.

Нами разрабатывается установка позволяющая следить за солнечным светилом, которая позволит повысить эффективность вырабатывания энергии. На рисунке представлена электрическая схема (см. рисунок) управления движением сервопривода. Сервопривод обеспечивает движение трекера в вертикальной и горизонтальной плоскости. В основу схемы управления сервоприводом заложена работа фоторезисторов LDR2. Для реализации идеи были выбраны 2 солнечные панели мощностью по 3,5 Вт каждая, которые при последовательном соединении дадут более 12,5 В. В схеме будет заменен операционный усилитель LM324 на отечественный аналог 1401УД2 или 1435УД2. Также в схеме используются резисторы, транзисторы, диоды и конденсатор.



Электрическая схема

В данной схеме не учтена особенность некоторых сервоприводов. Дело в том, что механизм передачи вращательного движения должен фиксироваться в определенный угол. Существует способ это исправить. Следует добавить в схему дополнительные контакты, чтобы избежать

бесконечного прокручивания сервопривода. Иначе отсутствие этих контактов приведет к выходу из строя солнечного трекера.

Источники

1. Стребков Д.С., Шогенов А.Х., Шогенов Ю.Х. Солнечная энергетика: состояние и перспективы развития. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rosinformagrotech.ru/data/tos/content/mera-261-9> (дата обращения: 03.01.2023).

2. Lidorenko N.S., Evdokimov V.M., Strebkov D.S., New Models of Solar Cells and Prospects for Their Optimization. 1978. Т. 14. С. 1–12.

3. ГОСТ Р 57229-2016. Системы фотоэлектрические. Устройства слежения за солнцем. Технические условия.: Стандарт информ, 2016.-64 с.

УДК 534.324

СОЗДАНИЕ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ СВЕТОМУЗЫКАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Д.Ю. Востриков¹, В.Д. Сандаков²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹denisesenina@yandex.ru, ²vitalysandakov@gmail.com

В статье рассматривается перспектива разработки алгоритмов цветомузыки на базе Arduino Nano.

Ключевые слова: алгоритмы цветомузыки, библиотеки, Arduino Nano, оптимизация.

ALGORITHMS DEVELOPMENT FOR LIGHT AND MUSIC DEVICES

D.Y. Vostrikov¹, V.D. Sandakov²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

¹denisesenina@yandex.ru, ²vitalysandakov@gmail.com

The article offers the prospect of developing color music algorithms based on the Arduino Nano.

Keywords: music color algorithms, libraries, Arduino Nano, optimization.

Разработка алгоритмов цветомузыки на базе Arduino Nano [1] является перспективной областью исследований, которая может иметь

важное значение для развития музыкальной индустрии. В этой статье будет рассмотрен процесс создания алгоритмов цветомузыки с помощью Arduino Nano и связанных с ними библиотек, а также последствия этой технологии для различных аспектов музыкальной индустрии.

Реализация алгоритмов цветомузыки с использованием Arduino Nano требует некоторых действий. В первую очередь, необходимо разработать желаемый алгоритм. Это можно сделать с помощью языка программирования C++ и различных библиотек, связанных с Arduino Nano, таких, как Arduino Music Library (AML) и Arduino MIDI Library (AML) [2]. После того как алгоритм будет написан, он может быть загружен на Arduino Nano с помощью Arduino IDE (интегрированная среда разработки алгоритмов) [3]. Наконец, алгоритм должен быть протестирован, чтобы убедиться, что он функционирует правильно.

Разработка алгоритмов цветомузыки на Arduino Nano требует оптимизации для ограниченных ресурсов. В частности, следует учитывать ограниченность памяти, производительность обработки и скорость вычислений Arduino Nano. В случае, если памяти критически не хватает, то можно модифицировать плату дополнительными расширительными модулями, которые позволят увеличить количество аналоговых и дискретных входов и выходов, а также оперативную память устройства.

В результате разработки алгоритма будут доступны новые возможности. Например, он может быть использован для создания интерактивных освещений для живых выступлений, или для предоставления особого аккомпанемента песни. Также он может быть использован для генерации световых эффектов для игр, фильмов и телевидения. Также могут быть разработаны новые инструменты для продюсирования, например, виртуальные музыкальные инструменты и плагины эффектов.

В заключение, разработка алгоритмов цветомузыки на базе Arduino Nano является перспективной областью исследований, которая может принести пользу для музыкальной индустрии. С помощью использования доступных библиотек и оптимизации алгоритмов, могут быть открыты новые возможности для интерактивных живых выступлений, музыкального продюсирования и экспериментов.

Источники

1. Цветомузыка [Электронный ресурс]. <https://alexgyver.ru/colormusic/> (дата обращения: 06.02.2023).

2. Arduino MIDI Library [Электронный ресурс].
https://github.com/FortySevenEffects/arduino_midi_library (дата обращения: 06.02.2023).

3. Arduino IDE [Электронный ресурс].
https://ru.wikipedia.org/wiki/Arduino_IDE (дата обращения: 11.02.2023).

УДК 621.311

ПОСТРОЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА РЕГУЛИРОВАНИЯ СВЕТОВОГО ПОТОКА ОТ ЕСТЕСТВЕННОЙ ОСВЕЩЕННОСТИ ПОМЕЩЕНИЙ

В.Р. Гадельшина

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Р. Денисова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

vilena.gadelshina.00@mail.ru

В работе исследуется зависимость коэффициента регулирования светового потока от инсоляции помещения для автоматизированного управления освещением.

Ключевые слова: КЕО, освещенность, общественные здания, световой поток.

CONSTRUCTION OF THE DEPENDENCE OF THE REGULATION COEFFICIENT OF THE LIGHT FLOW ON THE NATURAL ILLUMINATION OF THE PREMISES

V.R. Gadelshina

KSPEU, Kazan, Russia

vilena.gadelshina.00@mail.ru

In the work, attention was paid to the coefficient of regulation of light consumption from insolation to ensure excise management.

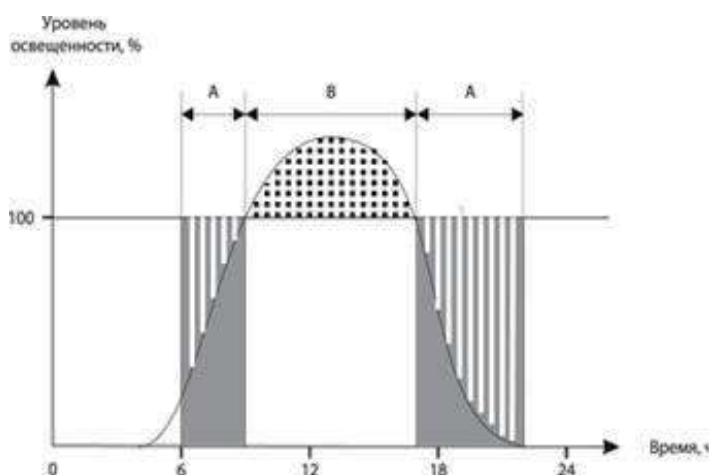
Keywords: KEO, American, public building, luminous flux.

Многие здания образовательных учреждений, офисов и различных организаций строятся по типовым проектам, поэтому зачастую размеры помещений, оконных проемов, цвет потолков и стен схожи [1-4]. Освещение осуществляется осветительными установками, образованными группами светильников с люминесцентными лампами, хотя в последнее время всё большей популярностью пользуются светодиодные системы.

Кабинеты образовательных учреждений имеют 2-3 окна и такое же количество рядов потолочных осветительных установок. В таких помещениях из-за ежедневного большого потока людей образуется проблема организации контроля энергопотребления. С вступлением в силу Федерального закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», вопрос о бережном ресурсопотреблении и экономии электроэнергии поднимается всё чаще [2].

Для контроля потребления ресурсов освещением большое распространение получили системы, использующие датчики освещенности, но, как правило, данные системы не поддерживают установленные нормы уровня освещения.

Заметное снижение потребления энергии, затраченной на освещение, обеспечивается учетом естественной освещенности в помещениях. Образец суточного цикла изменения значения уровня естественной освещенности приведен на рисунке.



Суточный цикл естественной освещенности помещения

Данная кривая соответствует естественной освещенности в идеальных условиях (ясная погода, отсутствие облачности и т.д.) Исходя из данных этого графика, можно сделать вывод, что в дневное время нет необходимости в искусственном освещении, а утром и вечером нужно дополнение в виде искусственного света, но не на полную мощность.

Для определения доли использования естественного освещения существует коэффициент естественной освещенности (КЕО) (1), устанавливающий часть естественного света в условиях остекления помещения. Данный коэффициент формируется как отношение

естественной освещенности вне здания к освещенности внутри на измеряемой поверхности [3].

$$KEO = \frac{E_{внутр}}{E_{внешн}} * 100\% \quad (1)$$

Минимальные уровни естественного света нормализуются естественным коэффициентом света КЭО. В настоящее время основным нормализованным естественным световым значением помещений является расчетное значение коэффициента КЭО, который определяется в соответствии с утвержденным методом.

В первую очередь КЭО зависит от площади оконных проемов, второй фактор-качество остекления. Часть света может отражаться от расположенных в помещении предметов. Чем больше отражается поверхность, тем больше КЭО. Ориентацию проходов для света по сторонам света, расстояния предметов и рабочих зон от проёмов в стенах и окнах, а также расположенные рядом предметы, например, деревья играют немалую роль в определении КЭО.

Продемонстрированные на рынке схемы автоматизированного управления освещением дают возможность организовывать плавное регулирование светового потока нескольких групп осветительных приборов по сигналам от 1-го или же нескольких фотодатчиков. Есть системы, применяющие один фотодатчик, измеряющий яркость окна в помещении, по сигналу которого выполняется управление 3-мя рядами осветительных приборов в зависимости от естественного освещения [4]. При данном способе регулировании осуществляется дискретно, по заранее заданным пороговым значениям освещенности и соответствующей степени применения ряда осветительных устройств.

Учет и регулирование значения естественной освещенности предлагается вести с помощью светодиодных светильников с помощью системы автоматического регулирования светового потока ADL-System [3]. Данная система является активно-адаптивной, что обеспечивает значительную экономию электроэнергии и продлевает ресурс светильников. Для светильника со встроенной системой автодиммирования ADL-System, коэффициент регулирования светового потока рассчитывается как разница между номинальной мощностью светильника и мощностью, потребляемой после регулирования при определенной инсоляции помещения:

$$k_{рег} = P_{ном} - P_{рег}, \quad (2)$$

Вычисленная функциональная зависимость КЕО от объемов помещения, размеров световых проемов, коэффициента отражения стен в зависимости от светоклиматического района, дает возможность использования величины КЕО в алгоритме системы управления освещением с целью плавной регулировки ОУ и достижения большей экономии электроэнергии.

Источники

1. Денисова, А. Р. Энергосберегающие технологии в системах офисного освещения / А. Р. Денисова, О. В. Исаева, Р. А. Залилова // XVI Всероссийская открытая молодежная научно-практическая конференция «Диспетчеризация и управление в электроэнергетике», Казань, 20–21 октября 2021 года. – Казань: Общество с ограниченной ответственностью «Издательско-полиграфическая компания «Бриг», 2022. – С. 32-35. – EDN GAJRJR.
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. Денисова, А. Р. Повышение энергоэффективности при использовании системы автоматического регулирования светового потока / А. Р. Денисова, Э. Г. Сибгатуллин // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2020. – № 1(58). – С. 38-39.
4. Лихоткин В.С., Родин В.В., Губанов Д.В. Автоматизация управления и контроля освещения общественных зданий // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 4

ОСВЕЩЕНИЕ ОПАСНЫХ УЧАСТКОВ ДОРОГИ

Р.Р. Гибадуллин¹, Р.М. Нуртдинов²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹torianin@mail.ru, ²rasim0130@mail.ru

В данной статье было проанализировано наиболее активная мера увеличения уровня безопасности в темное время суток – установка качественного искусственного освещения, в первую очередь освещение участков, где нет возможности подключения к сетям электрической энергии.

Ключевые слова: освещения, солнечные батареи, применение, процесс, датчик.

LIGHTING FOR DANGEROUS ROAD SECTIONS

R.R. Gibadullin¹, R.M. Nurtadinov²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

¹torianin@mail.ru, ²rasim0130@mail.ru

In this article, the most active measure to increase the level of security at night was analyzed - the installation of high-quality artificial lighting, primarily lighting areas where there is no possibility of connecting to electrical energy networks.

Keywords: lighting, solar batteries, application, process, sensor.

Цель данного проекта: разработать системы освещения наиболее опасных для жизни людей участков дороги.

Технологическое развитие России не стоит на месте. Большое количество новых разработок внедряются в повседневную жизнь обычного обывателя. Аналогичная ситуация происходит и с дорогами общего пользования, но к сожалению, современные решения не так активно внедряются в освещение автомобильных трасс. На данный момент времени, автоматизация систем освещения включает в себя только таймер включения и отключения [1].

На данный момент многие частные и государственные предприятия пришли к мнению, что светодиодное освещение является лучшей альтернативой для решения проблем освещенности магистралей [2]. В сравнении с лампами ДНаТ, у них есть ряд преимуществ:

– Большой срок службы;

– Лучшая устойчивость к перепадам температур и влажности. Большая часть представленных светодиодных светильников имеет особую конструкцию корпуса, позволяющую испаряться конденсату. В результате этого светодиоды находятся в безопасности даже в сильный мороз или жару [3]. Рабочий диапазон температур – от -40 до +50 градусов;

– Качественный спектр;

– Меньшая потребляемая мощность (при аналогичных показателях освещенности);

– Световая стабильность. После определенного количества рабочих часов лампы ДНаТ имеют свойство снижать интенсивность светового потока. Это сказывается на видимости участка дороги, подконтрольного источнику. С течением времени есть вероятность возникновения мерцания, которое действует на восприятие дороги водителем. Светодиодный источник света дает ровный и стабильный свет. Спектр чистый, без мерцаний и колебаний световых волн [4].

На рисунке 1 показана основная модель крупногабаритных установок для освещения автомобильных трасс. Представленная система включает в себя: солнечные панели, а так же поворотные механизмы (приводы) для получения наибольшего солнечного света в определенное время суток; LED лампы (эффективность, которых, описана выше); системы датчиков для определения погодных условий, датчиков движения.

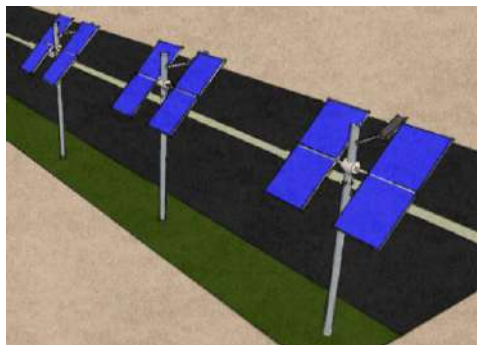


Рис.1. 3D-модель установок

Датчики движения необходимы для системы дополнительного, автоматизированного освещения (см. рис.2).

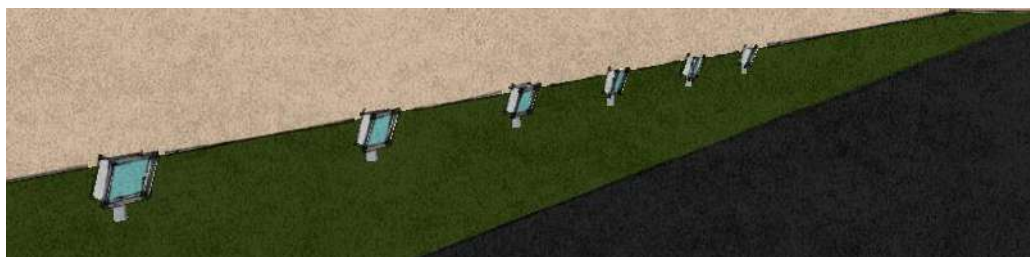


Рис.2 Дополнительная система освещения

Данная система представляет установку датчиков движения на аварийном участке дороги, которые будут отправлять сигнал на малогабаритные лампы. Как только датчик зафиксирует проезжающий автомобиль будут загораться LED лампы, тем самым давая дополнительное освещение. Лампы спроектированы таким образом, что бы свет не был направлен на водителя. Так же нужно отметить, что система дополнительного освещения не будет устанавливаться на протяжении всего участка дороги. Интенсивность освещения лампами регулируется датчиками, которые анализируют погодные условия [5].

Источники

1. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения. - М.: Транспорт, 1982. - 288 с
2. Правила устройства электроустановок. 7-е издание / Ред. Л.Л. Жданова, Н.В. Ольшанская. М.: НЦ ЭНАС, 2013. – 104 с.
3. Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.
4. Кнорринг, Г.М. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Г.М. Кнорринг, И.М. Фадин, В.Н. Сидоров – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Энергоатомиздат. Санкт-Петербургское отделение, 1992. – 448 с.
5. Алексеев, П.П. Интеллектуальная система уличного освещения / Алексеев П.П. // статья в сборнике трудов конференции – издательство: Нижневолжский экоцентр, 2014. –С. 12 - 13

СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ ДИАГНОСТИКИ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Д.Л. Карташов

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Р. Денисова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

karta.shov00@mail.ru

В статье рассмотрены существующие на сегодняшний день методы диагностики трансформаторов и предложен переход в пользу автоматизированных решений.

Ключевые слова: методы диагностики, силовой трансформатор, диагностика.

MODERN METHODS OF TRANSFORMER DIAGNOSTICS

D.L. Kartashov

KSPEU, Kazan, Russia

karta.shov00@mail.ru

The article examines the current methods of transformer diagnostics and suggests a transition in favor of automated solutions.

Keywords: diagnostic methods, power transformer, diagnostics.

Диагностика – это обследование технического состояния оборудования, проводимое с целью оценки объектов по нескольким параметрам, выявления развивающихся дефектов и определения их остаточного ресурса работы.

Силовые трансформаторы являются одними из основных электроустановок на предприятиях, поэтому очень важно следить за их техническим состоянием. Для продления срока службы трансформаторов необходимо постоянно проводить диагностику и анализировать их работу, чтобы на ранних стадиях предсказать возможность возникновения аварийной ситуации [4].

В зависимости от вида трансформатора определяется периодичность его осмотра обслуживающим персоналом. При осмотре можно выявить следующие неполадки:

- изменение температурных показателей масла;
- повреждение изоляционных материалов;

- наличие течи масла;
- нарушение целостности заземления и другое [3].

Если после первичного осмотра обнаружены перечисленные выше дефекты, то принимается решение о проведении комплексного диагностического обследования. Такое обследование позволяет увеличить количество диагностируемого оборудования, которое входит в состав трансформатора и определить объемы ремонтных работ и иных профилактических мероприятий.

Для диагностики трансформаторов применяются следующие методы:

- акустический метод, основанный на регистрации звуковых импульсов, которые возникают при электрических разрядах;
- оптические методы применяются для анализа трансформаторного масла на наличие растворенных газов;
- тепловые методы используются для выявления повышенных температур в узлах трансформатора;
- хроматографический метод основан на анализе растворенных в масле газов, при таком методе диагностировании масла анализируется концентрация водорода, этана, метана и др. [1].

Основными недостатками диагностики методами неразрушающего контроля являются:

- влияние внешних факторов на результаты измерения;
- влияние человеческого фактора при визуальном определении результатов.

Данные факторы влияют на заключение о проведенных профилактических мероприятиях, что может привести к невынужденным затратам [2].

Диагностика силового трансформатора при помощи интеллектуальных систем позволяет непрерывно контролировать состояние и работу трансформатора, не выводя его из работы. Интеллектуальные системы производят диагностику непрерывно без участия человека, в данном процессе, что снижает риск совершения ошибок, при выявлении причины неисправности трансформатора.

Считаем необходимым внедрение автоматизированных систем мониторинга на наиболее ответственные подстанции. Автоматизированный и непрерывный сбор показаний с датчиков, установленных на трансформаторе, позволит формировать базу данных для анализа их работы, что увеличит надежность систем электроснабжения.

Источники

1. Абдрашитов Р.Р. Диагностика и мониторинг силовых трансформаторов // Роль и место информационных технологий в современной науке. - 2018. - С. 19-20.
2. Н.В. Роженцова, А.Р. Галяутдинова Анализ методов диагностики силовых трансформаторов // Энергетика и энергосбережение: теория и практика. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2018.
3. Периодичность комплексного обследования трансформатора // Plastep.ru URL: <https://plastep.ru/periodichnost-kompleksnogo-obsledovaniya-transformatorov/?ysclid=leykd4a68f901052321> (дата обращения: 06.03.2023).
4. Вилков С.А. Обзор современных способов диагностирования силовых трансформаторов и автотрансформаторов // «Современные научные исследования и инновации». – 2012. – №9.

УДК 621.311.25:621.039

ИССЛЕДОВАНИЕ ВХОДНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ НИЗКОВОЛЬТНОЙ ЭЛЕКТРОСЕТИ АНАЛИЗАТОРОМ AR-5

А.В. Ольховой¹, Р.К. Зарипов²

Науч. рук. профессор Р.Х. Тукшаитов

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹olhovoya@gmail.com, ²zrust@mail.ru

В статье представлено изучение сопротивления входного тока электросети путем подключения различных нагрузок и снятия параметров сети анализатором AR-5

Ключевые слова: электросеть, анализатор качества электроэнергии, мощность, сопротивление, фильтр-компенсирующее устройство.

INVESTIGATION OF THE INPUT RESISTANCE OF A HIGH- VOLTAGE POWER NETWORK WITH THE AR-5 ANALYZER

A.V. Olhovoy¹, R.K. Zaripov²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

¹olhovoya@gmail.com, ²zrust@mail.ru

The article presents the study of the resistance of the input current of the mains by connecting various loads and taking network parameters with the AR-5 analyzer

Keywords: electric network, power quality analyzer, power, resistance, filter-compensating device.

К настоящему времени имеются сравнительно много работ, посвященных изучению возможности применения фильтр-компенсирующих устройств (ФКУ) с целью снижения уровня эмиссии высших гармоник (ВГ) в электросети (ЭС) [1-6]. В формирование избирательности резонансных контуров, настроенных на первые гармоники спектра входного тока, большую роль играет активное их сопротивление, определяемое главным образом активным сопротивлением катушки индуктивности и входным сопротивлением электропитания. Однако значению последних параметров и их соотношению в литературе практически не уделяется внимание.

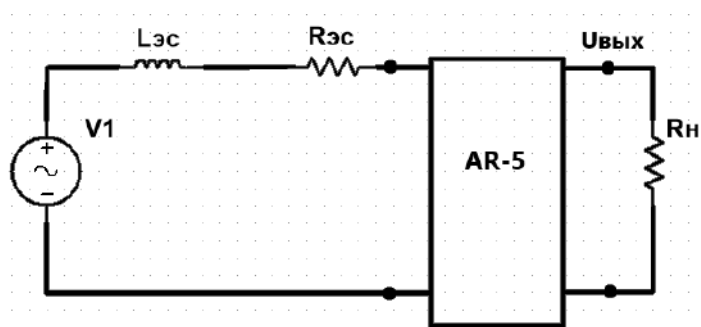
Для обеспечения добротности контуров, используемых в ФКУ для подавления в основном 3, 5 и 7 гармоник, необходимо обеспечивать выполнение следующего неравенства:

$$R_{ФКУ} \ll Z_{ЭС},$$

где $R_{ФКУ}$ и $Z_{ЭС}$ соответственно сопротивление ФКУ и импеданс ЭС.

В данном сообщении представлены результаты изучения входного импеданса в одной из аудиторий вуза.

Исследование проводится с использованием электрической схемы, представленной на рисунке.



Эквивалентная схема измерительной установки

Она состоит из ЭС, анализатора качества электричества AR-5 [6] и нагрузки. В качестве нагрузки использовали лампы накаливания (ЛН) разной мощности, электропаяльник, электроплитку мощностью 300 Вт, светодиодные лампы Онлайт 7 Вт и Camelion 10 Вт с наименьшим и

наибольшим коэффициентом нелинейного искажения входного тока (127-190%) и их параллельно соединили с целью поэтапного повышения мощности нагрузки. В процессе проведения измерений регистрировали значения напряжения питания, мощность нагрузки, коэффициенты нелинейных искажений K_u и K_i . Для одновременного определения погрешности измерения Результаты измерения данных параметров представлены в таблице.

Электротехнические параметры измерения

Вид нагрузки	LED лампа	LED лампа	Резистор	ЛН	ЛН	ЛН + паяльник	Плитка + ЛН	ЛН
Нагрузка P, Вт	7,8	9	17	41	75	846	982	1030
Напряжение U, В	233	231	233	233	232	231	230	230
Ток I, А	0,035	0,193	0,075	0,176	0,33	3,65	4,26	4,48
Нагрузка расчет. $P_{расч}$, Вт		44,6	17,5	41,0	76,6	843	980	1030
K_u , %	2,5	2,4	1,3	1,4	2,4	1,4	1,3	1,3
K_i , %	187	197	2,6	2,4	2,7	1,1	1	0,9

Как следует из рисунка, электросеть имеет активно-индуктивное сопротивление. В работе полагалось, что по падению напряжения ЭС можно оценить $Z_{ЭС}$, а по уменьшению K_u можно косвенно судить о наличии в цепи и X_L .

Фактически для основной части имеем $L_{ЭС}R_H$ фильтр первого порядка, работа которого начинает проявляться по мере увеличения P_H . Как следует из табл. 1 при увеличении мощности нагрузки с 7 Вт до 1030 Вт происходит уменьшение напряжения с 233 В до 230 В или приблизительно на 1%. Эти данные позволяют вычислить приближенное значение $Z_{ЭС}$. При $P=1030$ Вт, $I = 4,5$ А, $\Delta U = 3$ В. Тогда

$$Z_{ЭС} = \frac{\Delta U}{I} = \frac{3}{4.5} = 0.66 \text{ Ом}$$

Снижение K_u с увеличением нагрузки свидетельствует о наличии определенной фильтрации ВГ. Одновременное снижение K_i обусловлено снижением K_u , так как предельные нагрузки являются линейными элементами.

Источники

1. Жежеленко И. В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий//5-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоиздат, 2004. 358 с.
2. Хруслов Л.Л., Ростовников М.В., Шишов В.А., Киреев С.И. Высшие гармоники в сетях низкого напряжения с элементами силовой электроники. Опыт непрерывного мониторинга // Сб. трудов Международной научно-практической конференции «Управление качеством электрической энергии». М.: Центр полиграфических услуг «Радуга», 2018. С. 181-186.
3. Тукшаитов Р.Х., Семенова О.Д., Новокрещенов В.В. Оценка уровня нелинейных искажений электроустановок на основе моделирования длительности импульса их входного тока // Электроэнергия. Передача и распределение. 2022. № 3. С. 23-26.
4. Боярская Н.П., Довгун В.П. Компенсация высших гармоник в сетях с осветительной нагрузкой // Вестник КрасГАУ. 2011. Вып. 9. С 270-276.
5. Тукшаитов Р.Х., Зарипов Р.К. Об одном эффективном способе снижения уровня эмиссии светодиодными лампами в электросеть высших гармоник промышленной частоты // ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределения. 2023. № 1. С. 70-74.
6. Руководство пользователя прибора «Анализатор электропотребления AR5 и AR5-L» Электронная версия// rykovodstvo.ru/exspl/32928/index.html С.1-10.

УДК 621.355

ИМПУЛЬСНЫЕ ЗАРЯДНЫЕ УСТРОЙСТВА

Д.В. Павлов¹, В.Д. Сандаков²

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Е. Сидоров

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹lgfdkjd@mail.ru, ²vitalysandakov@gmail.com

В статье рассмотрены основные характеристики и простейшая схема импульсных зарядных устройств.

Ключевые слова: энергетика, аккумулятор, АКБ, питание, заряд.

PULSE CHARGERS

D.V. Pavlov¹, V.D. Sandakov²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

¹lgfdkjd@mail.ru, ²vitalysandakov@gmail.com

The article discusses the main characteristics and the simplest circuit of pulse chargers.

Keywords: energy, accumulator, battery, power supply, charge.

Один из самых эффективных способов зарядки аккумуляторных батарей – это зарядка ассиметричным током определенной формы. Такой способ зарядки позволяет избавиться от таких проблем, как сульфатация и долгое время заряда. Изменение направления тока позволяет управлять восстановительными реакциями происходящими при восстановлении заряда аккумулятора [1].

Такие устройства для зарядки были разработаны для источников питания небольшого напряжения и тока таких, как автомобильный аккумулятор. Они не нуждаются в громоздком трансформаторе, поэтому они легче и компактнее [2]. В их основе лежат такие компоненты, как: импульсный трансформатор, блок выпрямителя, блок стабилизатора, приборы для отслеживания значений тока и напряжения, блок, позволяющий отслеживать контроль зарядки [3]. Принцип их действия заключается в подаче высокочастотных импульсов тока. По мере зарядки аккумулятора эти импульсы уменьшают свою длину [4]. Ток заряда в таком устройстве может быть, как постоянный, так и переменный.

Импульсные зарядные устройства бывают следующих видов:

Ручные – требуют пристального внимания в процессе зарядки;

Полуавтоматические – не требуют пристального внимания, как ручные, нужно следить лишь за временем заряда;

Автоматические – полностью самоуправляемое устройство, не требует постороннего вмешательства.

Простейшую схему импульсного устройства можно создать на микросхеме LM137, которая представляет собой линейный стабилизатор напряжения, позволяющая регулировать выходные параметры (см. рисунок 1). В этом устройстве задействованы 2 стабилизатора. Один стабилизатор подключен по схеме стабилизатора тока, а второй собран, как пороговый узел.

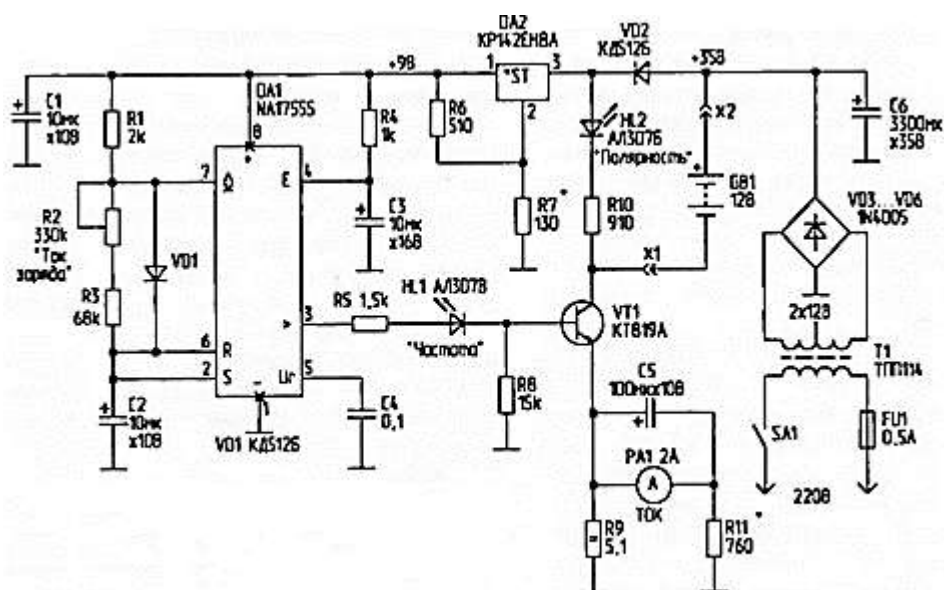


Рис.1. Схема импульсного зарядного устройства на микросхеме LM137

Резисторы R2 и R3 – переменные. Они позволяют выставить нужные параметры выходного напряжения.

Недостатки этой схемы – это низкий КПД, небольшая мощность и небольшой диапазон регулирования тока.

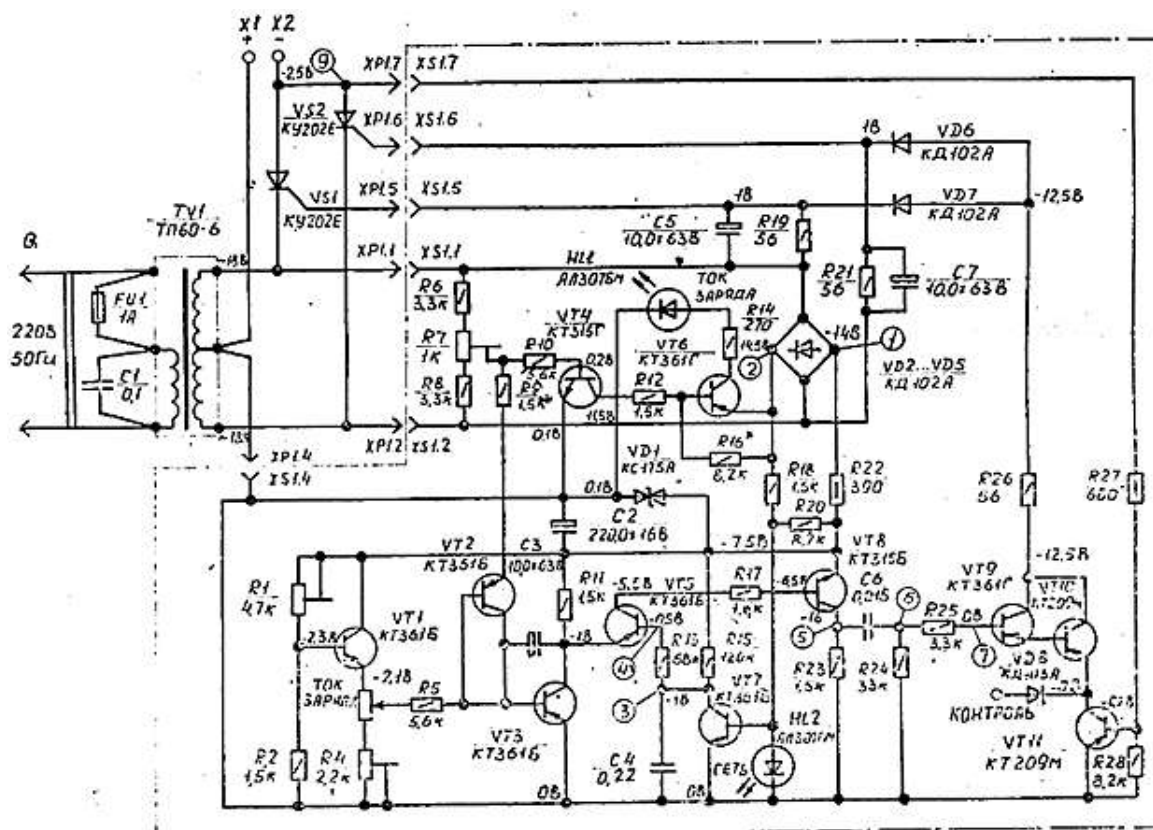


Рис.2. Схема импульсного зарядного устройства на микросхеме IR2153

Для того, чтобы увеличить КПД предыдущей схемы можно заменить микросхему на IR2153 (см. рисунок 2). Схема отличается тем, что применяется лишь один электролит. Эта схема имеет высокую гибкость, т.е. путем замены элементов на другие, более мощные, можно получить зарядное устройство большей мощности.

Достоинства импульсных зарядных устройств, это:

- Небольшой вес и габариты;
- Упрощение заряда аккумулятора;
- Контроль за перегревом АКБ;
- Наличие различных режимов;
- Улучшенная система защиты.

Кроме достоинств, также есть и свои недостатки, из-за которых они не нашли широкого применения в других сферах, а именно низкий КПД, конструкционные особенности и сложность в контроле выходных параметров АКБ [5].

Импульсные зарядные устройства эффективнее, чем зарядные устройства на обычном трансформаторе. Они продлевают срок эксплуатации аккумуляторной батареи, эффективнее и бережнее производят процесс зарядки.

Источники

1. Система детектирования неисправности аккумулятора и способ детектирования неисправности аккумулятора для аккумуляторного блока // Вестник КГЭУ URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37460095> (дата обращения: 29.10.2022).

2. Особенности эксплуатации накопителя энергии на базе многоэлементной литий - ионной аккумуляторной батареи // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ URL: <https://www.energyret.ru/jour/article/view/460/412> (дата обращения: 29.10.2022)

3. Д.Н. Галушкин, Н.Е. Галушкин Разряд щелочных аккумуляторов // Электрохимическая энергетика. – 2007. – Т. 7. – № 2. – С. 99-102

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. А.П. Кашкаров Аккумуляторы. Справочник / А.П. Кашкаров. - М.: РадиоСофт, 2014. - 192 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕТАНДЕР–ГЕНЕРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

О.В. Родионов

Науч. рук. канд.техн.наук, доцент А.Р. Денисова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

o_rodionov1990@mail.ru

В данной работе рассматривается теоретический анализ повышения эффективности детандер-генераторной установки с помощью оптимизации условий работы и конструктивных параметров.

Ключевые слова: детандер-генераторная установка, эффективность, оптимизация.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE EXPANDER GENERATOR SET

O.V. Rodionov

KSPEU, Kazan, Russia

o_rodionov1990@mail.ru

This paper considers a theoretical analysis of increasing the efficiency of the expander generator set by optimizing the working conditions and design parameters.

Keywords: expander-generator set, efficiency, optimization.

Детандер-генераторные установки используются на объектах газовой промышленности для выработки электроэнергии. Эффективность детандер-генераторной установки часто ниже желаемой, что приводит к высокому энергопотреблению и эксплуатационным расходам. Поэтому возникает необходимость оптимизации конструкции и условий работы детандера для повышения его эффективности. В этой работе проведен теоретический анализ детандер-генераторной установки, чтобы определить факторы, влияющие на его эффективность. Теоретический анализ обеспечивает основу для понимания производительности детандер-генераторной генераторной установки и определения факторов, которые можно оптимизировать для повышения ее эффективности.

Анализ был сосредоточен на термодинамике системы с учетом скорости потока, давления, температуры и других соответствующих параметров. Теоретический анализ начинается с рассмотрения термодинамики процесса расширения газа. Газ в системе считается идеальным газом, и его поведение описывается законом идеального газа. Первый закон термодинамики применяется к системе, чтобы связать изменения внутренней энергии, работы и теплоты.

В анализе также учитываются конструктивные и рабочие параметры детандера, такие как давление на входе, температура и массовый расход, а также геометрия лопаток турбины. Влияние этих параметров на процесс расширения газа и результирующую выходную мощность оценивается с использованием принципов термодинамики.

Термодинамика процесса расширения газа в детандер-генераторной установке является важным аспектом для понимания производительности системы. В этом процессе газ под высоким давлением, расширяется в детандере для понижения давления и выработки электроэнергии. Термодинамика процесса расширения газа подчиняется законам термодинамики [1].

Первый закон термодинамики гласит, что изменение внутренней энергии системы равно количеству теплоты, переданной системе, за вычетом работы, совершаемой системой. В процессе расширения газа предполагается, что газ является идеальным газом, и его поведение описывается законом идеального газа. Закон идеального газа гласит, что давление, объем и температура газа связаны уравнением:

$$PV = n R T$$

где P – давление, V – объем, n – количество молей газа, R – газовая постоянная, T – температура.

В процессе расширения изменяются давление и объем газа, соответственно изменяется и внутренняя энергия газа. Когда газ расширяется, он совершает работу в детандере, и эта работа преобразуется генератором в электрическую энергию.

Количество работы, совершаемой газом, определяется выражением:

$$W = P_1 V_1 - P_2 V_2$$

где P_1 и V_1 – начальное давление и объем газа, а P_2 и V_2 – конечное давление и объем газа.

Повышение температуры газа является одним из подходов к увеличению мощности детандер-генераторной установки [2]. Когда температура газа увеличивается, тепловая энергия газа также увеличивается, что приводит к увеличению производительности и мощности. Тем не менее, важно отметить, что повышение температуры газа также увеличивает нагрузку на компоненты установки, такие как лопатки, что может привести к механическим отказам и сокращению срока службы при неправильной эксплуатации.

Термодинамика процесса расширения газа обеспечивает основу для понимания поведения газа при его расширении через детандер и результирующей выходной мощности детандер-генераторной установки. Существует несколько способов повышения температуры газа в детандер-генераторной установке. Один из подходов заключается в повышении температуры газа на входе. Этого можно достичь путем предварительного нагрева газа перед его подачей в детандер или использования регенератора для рекуперации тепла от выхлопных газов и передачи его поступающему газу. Другой подход заключается в повышении температуры сгорания в камере сгорания, что может быть достигнуто за счет использования топлива с более высокой теплотворной способностью или за счет увеличения отношения воздуха к топливу в камере сгорания [3, 4].

Однако существуют ограничения на то, насколько можно повысить температуру газа, поскольку чрезмерная температура может вызвать термические напряжения и разрушение материалов в компонентах установки. Чтобы решить эту проблему, современные материалы с более высокой температурой плавления, такие как сплавы на основе никеля, могут использоваться для изготовления лопаток турбины и других компонентов, подвергающихся воздействию высоких температур.

Помимо повышения температуры газа, на мощность детандер-генераторной установки могут влиять и другие факторы. Например, конструкция лопаток турбины, которая может влиять на общую термодинамическую эффективность системы. Поэтому для оптимизации мощности и эффективности газотурбинной установки следует применять комплексный подход, учитывающий все эти факторы.

Анализируя вышеизложенное, эффективность детандер-генераторной установки может быть значительно повышена за счет оптимизации условий эксплуатации и конструктивных параметров. В частности, следующие факторы оказывают существенное влияние на эффективность детандер-генераторной установки:

– давление на входе – более высокое давление на входе приводит к более высокому массовому расходу и, следовательно, более высокой выходной мощности.

– материал, форма и размер лопаток детандера влияют на процесс расширения и могут быть оптимизированы для достижения максимальной эффективности.

– температура газа – более высокая температура газа может увеличить выходную мощность.

В заключение, это исследование представляет комплексный подход к повышению эффективности детандер-генераторной установки посредством сочетания теоретического анализа. Результаты показывают, что оптимизация условий работы и конструктивных параметров расширителя может значительно повысить его эффективность, что приведет к снижению энергопотребления и эксплуатационных затрат. Дальнейшие исследования могут изучить дополнительные стратегии оптимизации и подтвердить результаты.

Источники

1. Васильева, И. А. Термодинамика. Основные законы : Учебное пособие / И. А. Васильева, Д. П. Волков, Ю. П. Заричняк. – Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2016. – 50 с. – EDN ZUZSIN.

2. Анализ влияния входных параметров на эффективность работы детандерной генераторной установки в системе газовых сетей республики Узбекистан в системе газовых сетей республики Узбекистан./ Муколянц А.А., Буранов М.Д., Сотникова И.В., Азимова М.М. //E3S Web of Conferens 216 01130.

3. Разработка и исследование существующих возможностей применения детандер-генераторного агрегата для газораспределительной станции с использованием в качестве системы подогрева газа тепловой насосной установки / Урванов Сергей Викторович, Кондрашова Юлия Николаевна, Газизова Ольга Викторовна, Скворцов Денис Сергеевич // Вестник ЮУрГУ. Серия: Энергетика. 2017. №2.

4. Современные змеевиковые аппараты, перспективы их развития и теория расчета / Я. Д. Золотоносов, Е. К. Вачагина, И. А. Крутова, А. Я. Золотоносов // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2021. – Т. 13, № 1(49). – С. 52–65. – EDN KDPDEM.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСТОЧНИКОВ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ «ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК»

Д.И. Семин

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Р.Р. Гибадуллин

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

piligrim.10@inbox.ru,

В статье рассмотрен вариант применения на промышленных предприятиях источников возобновляемой энергии. Обоснование данной модернизации предлагается осуществить с помощью технологии «Цифровой двойник» в соответствии с национальными стандартами.

Ключевые слова: имитационная модель, промышленное предприятие, цифровизация ветроэнергетика, цифровой двойник.

USE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES AT INDUSTRIAL ENTERPRISES USING "DIGITAL TWIN" TECHNOLOGY

D.I. Semin

KSPEU, Kazan, Russia

piligrim.10@inbox.ru

The article considers the option of using renewable energy sources at industrial enterprises. The rationale for this modernization is proposed to be carried out using the "Digital Twin" technology in accordance with national standards

Keywords: simulation model, industrial enterprise, digitalization, wind energy, digital twin.

В связи с развитием промышленного сектора, на промышленных предприятиях растет объем потребляемой электроэнергии, а значит и повышается стоимость производства.

Одно из возможных вариантов решения этой актуальной проблемы заключается в использовании предприятиями возобновляемых источников энергии с целью удешевления стоимости производства путем покрытия пиковых нагрузок или собственных нужд предприятия за счет самостоятельно генерируемой электроэнергии [1].

Самыми доступными возобновляемыми источниками электроэнергии являются энергия солнца и ветра. Поэтому для самостоятельной генерации энергии на промышленных предприятиях предлагается установка солнечных панелей или ветроустановок.

Несомненно, любая модернизация производства должна быть обоснована. Далее будет предложено решение такого обоснования, учитывая современные тренды развития электроэнергетики.

В настоящее время цифровизация в промышленности и энергетике выходит на передний план [2]. Например, повсеместно внедряются SCADA системы, позволяющие в реальном времени собирать и обрабатывать данные о функционировании оборудования. Кроме того, внедрение цифровых технологий в электроэнергетику и промышленность – часть Энергетической стратегии РФ до 2035 года, о постепенном выполнении которой можно судить по вступлению в силу национальных стандартов [3]. К таким стандартам, например, относятся ГОСТ Р 58651.1 и ГОСТ Р 58651.2, направленные на унификацию обмена информацией при цифровизации энергетики [4].

Согласно данным АО «СО ЕЭС», несмотря на упорную работу в направлении цифровизации и ее унификации, в сфере электроэнергетики остается еще довольно большой процент объектов, не прошедших эти процессы. Соответственно, для вновь вводимых в работу объектов энергетики необходимо сразу же обеспечивать соответствие национальным стандартам [5]. Поэтому, так как в статье предлагается проектирование вновь вводимых в эксплуатацию электростанций, использующих возобновляемые источники энергии, следует еще на этапе проектирования снабжать эти объекты «атрибутами» цифровизации, такими, например, как цифровой двойник. Применение этой технологии позволит решить не только вопрос обоснования модернизации производства с помощью прогнозирования различных режимов работы предприятия, но и в дальнейшем – вопросы диспетчеризации и мониторинга технического состояния оборудования.

Таким образом, предложено использовать на предприятии возобновляемые источники энергии. При этом обоснование данной модернизации будет возложено на цифровой двойник предприятия. Имея данные о потребляемых мощностях предприятия и о мощностях, вырабатываемых, например, ветроустановками, а так же используя розу ветров для данного участка местности, можно спроектировать цифровой двойник, который продемонстрирует различные варианты работы

подобного решения с учетом производственных и климатических факторов.

Источники

1. Абдуллазянов Э.Ю., Грачева Е.И., Альзаккар А., Низамиев М.Ф., Шумихина О.А., Valtchev S. Прогнозирование и анализ электропотребления и потерь электроэнергии на промышленных объектах // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 6. С. 3 – 13.

2. Рахмонов И.У. Автоматизированная система управления электропотреблением промышленных предприятий // Вестник Казанского Государственного Энергетического Университета. Т. 14 № 4. С. 30 – 38.

3. Энергетическая Стратегия Российской Федерации на период до 2035 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 9 июня 2020 г. № 1523-р [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://static.government.ru/media/files/w4sigFOiDjGVDYT4IgsApssm6mZRb7wx.pdf> (дата обращения: 25.02.2023).

4. ГОСТ Р 58651.1.-2019. Национальный стандарт Российской Федерации. Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Информационная модель электроэнергетики. Основные положения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200169329> (дата обращения: 26.02.2023).

5. ГОСТ Р 58651.2.-2019. Национальный стандарт Российской Федерации. Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Информационная модель электроэнергетики. Базисный профиль информационной модели [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200169330> (дата обращения: 26.02.2023).

УДК62-784.432

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОЧИСТКИ ВОЗДУХА В ЛАБОРАТОРИИ С ПОМОЩЬЮ ФИЛЬТРОВ

Н.Э. Тихонов

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Р. Денисова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

neilkazan@mail.ru

В работе рассмотрены основные средства очистки воздуха с использованием современных систем автоматизации. Системы постоянного наблюдения и контроля и автоматическим подключением очистных систем позволяют содержать рабочее пространство лабораторий в безопасном состоянии.

Ключевые слова: автоматизация, фильтр, очистка, вытяжная система, лаборатория.

AUTOMATIC AIR CLEANING SYSTEM IN THE LABORATORY USING FILTERS

N.E. Tihonov
KSPEU, Kazan, Russia
neilkazan@mail.ru

The paper considers the main means of air purification using modern automation systems. Systems of constant monitoring and control and automatic connection of cleaning systems allow keeping the working space of laboratories in a safe condition.

Keywords: automation, filter, cleaning, exhaust system, laboratory.

Цель статьи показать пути эффективной автоматизированной очистки воздуха для улучшения условий труда работников в лаборатории.

Производство любых химических соединений, проведения опытов или исследование необходимых веществ невозможно без предварительных экспериментов и тестов в лабораторных условиях.

Часто эксперименты проводятся при помощи опасных для живых организмов веществ, имеющих посторонний запах и оказывающих негативное влияние на организм человека [1].

Для обеспечения нормальной работы лаборатории выделяющиеся в процессе вещества должны подвергаться тщательной фильтрации и удаляться из помещения. Для этого от лабораторных шкафов, и прочих мест, где располагаются источники выделения вредных веществ, устанавливаются локальные вытяжные системы с элементами фильтрации [3].

Для предотвращения распространения вредных веществ и постороннего запаха за территорию лаборатории вытяжная система комплектуется специальными фильтрами и устройствами по очистке окружающего воздуха [2].

Воздушный фильтр – это элемент воздухоочистителя, представлен бумажным, матерчатым, сетчатым материалами, которые служат для очистки воздуха от вредных для организма веществ.

Чем выше требования к чистоте воздуха, тем сложнее применяемая система по очистки воздуха. Применяют три этапа по очистки воздуха:

Первый этап это грубая очистка, из воздуха удаляются частицы пыли размером до 0,5мкм.

Второй этап это тонкая очистка, в которой удаляются пары и газы.

Третий этап сверхтонкая очистка, для этого используются ULPA-фильтры, имеющие эффективность до 99% [6].

Систему автоматической вентиляции монтируют в окно, обеспечивая приток свежего воздуха с улицы и вытяжку отработанного воздуха из помещения. Система интеллектуального энергосбережения в автоматическом режиме анализирует концентрацию углекислого газа, температуру и влажность воздуха [4]. На основании показаний датчиков выбирается один из автоматических режимов работы. Блокируются поступающие снаружи: уличный шум, пыль, неприятные запахи, выхлопные газы, вредные выбросы производства, опасные для человека вещества. Происходит очищение воздуха, циркулирующий внутри лаборатории. Выводит наружу вещества имеющие неприятный запах и оказывающие пагубное влияние здоровье человека [5].



Автоматическая система по очистки воздуха

Конструкция автоматической системы по очистки воздуха:

1) Корпус выполнен из морозоустойчивого и ударопрочного пластика.

2) Блок питания и процессор могут управляться приложением из мобильного или портативного устройства.

3) Датчики для отслеживания и контроля за концентрацией CO_2 , а также температуры и влажности в воздухе.

4) Двигатель и вентилятор имеют встроенный контроллер, который в автоматическом режиме регулируют режим работы мотора, значительно снижая затраты электроэнергии.

5) Теплообменник это устройство, в котором осуществляется нагрев или охлаждение воздуха за счёт выходящего потока.

6) Система фильтров отвечает за очистку воздуха с помощью многослойного фильтра. Первый слой выполнен из стеклянных волокон, задерживающие пыль и крупные частицы в лаборатории. Второй слой содержит фильтрующую кассету из активированного угля, которая хорошо подходит для адсорбции резко пахнущих испаряющихся газов, паров, растворителей, аэрозолей и тому подобного. Третий слой выполнен из воздушных фильтров высокой эффективности типа НЕРА для высокоэффективного удержания частиц.

7) Панель управления аналоговая, имеет кнопки для управления процессами. Присутствует система индикации для оптимальной работы.

В заключении хотелось бы заметить эффективность фильтров типа НЕРА для лаборатории. Так же вытяжная система обеспечивает оптимальную работу персонала и технического процесса.

Источники

1. Буренин В.В. Защита атмосферного воздуха от производственной пыли, токсичных паров и газов//Экология и промышленность России.— 2004. —№9. —С.25 –29.

2. Теверовский Е.Н., Дмитриев Е.С. Перенос аэрозольных частиц турбулентными потоками. –М.:Энергоатомиздат,1988. –160с.

3. Самсонов В.Т. Об изучении на моделях явления пылеобразования при падении пылящих материалов//Научные работы институтов охраны труда ВЦСПС,1964,№6.

4. Самсонов В.Т. Дисперсный состав литейных пылей//Научные работы институтов охраны труда ВЦСПС. –М.,1964,№4(30).

5. Временные методические указания по химическому анализу атмосферного воздуха с отбором проб на твердые пленочные сорбенты.Л.:Гидрометеиздат,1982.35с.

6. Исследование движения газовзвеси в моделях фильтров с твердотельными и пористыми гранулами / О. В. Соловьева, С. А. Соловьев, А. Р. Талипова [и др.] // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2021. – Т. 13, № 2(50). – С. 27-39. – EDN KHBWRW.

УДК 534.324

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ МАТРИЦЫ С АДРЕСУЕМЫМИ СВЕТОДИОДАМИ НА МИКРОКОНТРОЛЛЕРЕ

М.М. Фархутдинов¹, В.Д. Сандаков²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹mansur.f@mail.ru, ²vitalysandakov@gmail.ru

В данной статье рассматривается принцип работы устройства для создания динамического освещения на базе матрицы с адресуемыми светодиодами и микроконтроллером Arduino Nano. Для создания динамических эффектов были использованы быстрое преобразование Хартли и теорема Котельникова, которая увеличивает частоту дискретизации звука и последующих процессов обработки данных

Ключевые слова: матрица на адресуемых светодиодах, быстрое преобразование Хартли, Arduino Nano, светомузыка, иллюминация.

DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR REGULATING THE OPERATION OF A MATRIX WITH ADDRESSABLE LEDs ON A MICROCONTROLLER

M.M. Farkhutdinov¹, V.D.Sandakov²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

¹mansur.f@mail.ru, ²vitalysandakov@gmail.ru

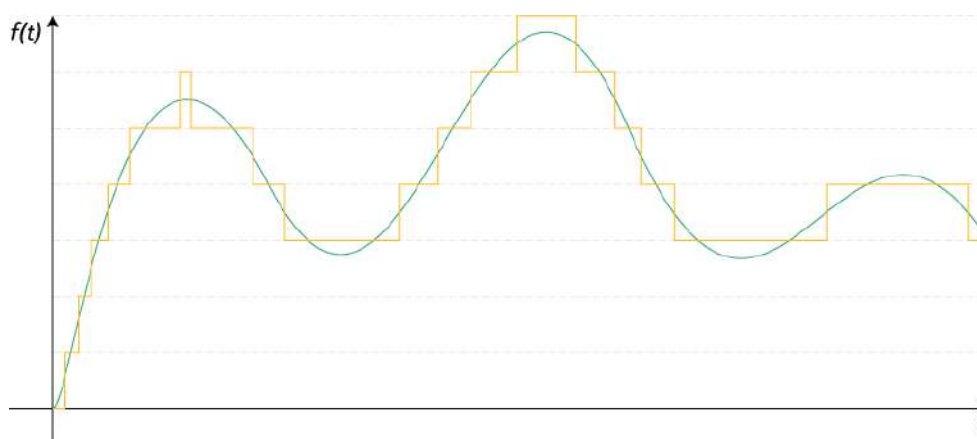
This article discusses the principle of operation of a device for creating dynamic lighting based on a matrix with addressable LEDs and an Arduino Nano microcontroller. To create dynamic effects, the fast Hartley transform and Kotelnikov's theorem were used, which increases the sampling rate of sound and subsequent data processing processes

Keywords: matrix on addressable LEDs, fast Hartley transform, Arduino Nano, light music, illumination.

Адресуемые светодиоды были изобретены относительно давно и широкое распространение получили в так называемых «полупрозрачных» экранах-вывесках и рекламных табло. В иллюминации данные светодиоды также нашли широкое применение. Управление светодиодами происходит при помощи заранее известных «сцен». Но для создания динамически изменяемой подсветки такой вариант не подходит. Необходимо постоянно отслеживать различные параметры окружающей среды. В нашем случае это звук. Проект выполнен на базе матрицы 16x16 с адресуемыми светодиодами, имеющими чип WS2812B [1].

Процесс создания динамических изображений на базе Arduino Nano является достаточно сложным процессом. Необходимо математически рассчитывать выводимые изображения при постоянно обновляющихся входных данных. Из этого вытекают ограничения вычислительной мощности микроконтроллера Arduino Nano и методов, применяемых при создании проекта.

Преобразование звука в различные световые эффекты стало возможным благодаря быстрому преобразованию Хартли [2, 3] и теореме Котельникова. Если преобразование Хартли отвечает за разложение звука на составляющие, то теорема Котельникова используется для увеличения частоты дискретизации исходного сигнала. Теорема Котельникова утверждает, что для возможности точного восстановления аналогового сигнала из дискретного требуется, чтобы частота дискретизации была минимум в два раза выше, чем максимальная частота в аналоговом сигнале. Если брать примерный диапазон воспринимаемых человеком частот звука 20 Гц — 20 кГц, то оптимальная частота дискретизации должна быть в районе 40 кГц [4]. Всё это способствует корректному отображению различных эффектов на матрице из адресуемых светодиодов.



Влияние частоты дискретизации на конечный результат

Ограничение, связанное с вычислительной мощностью микроконтроллера, решается лишь оптимизацией алгоритмов расчёта и замена микроконтроллера на более производительные. К примеру широкое применение нашли платы для разработки на базе микроконтроллера ESP8266[5].

Использование готовой матрицы без залитой базы приводит к ухудшению стабильности работы. Вся статика и другие электромагнитные помехи способны нарушить качество выводимого изображения. С решением этой проблемы хорошо справляется метод экранирования управляющих цепей и устранения помех по цепи питания всей схемы устройства. К примеру, можно использовать конденсаторы и дроссели[6].

Таким образом, можно разрабатывать устройства для динамической иллюминации в различных помещениях, уличных пространствах и парках. Также такое устройство можно применять и на интерактивных площадках. К примеру, площадки по городу с ксилофонами и другими музыкальными инструментами.

Источники

1. Raspberry Pi Pico для управления адресуемыми светодиодами [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/694598/> (дата обращения: 27.03.2023).
2. Быстрое преобразование Хартли [Электронный ресурс]. URL: <http://wiki.openmusiclabs.com/wiki/ArduinoFHT> (дата обращения: 27.12.2022).
3. Простыми словами о преобразовании Фурье [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/196374> (дата обращения: 05.02.2023).
4. Теория звука. Что нужно знать о звуке, чтобы с ним работать. Опыт Яндекс.Музыки [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/company/yandex/blog/270765> (дата обращения: 27.12.2022).
5. Arduino и адресная светодиодная лента [Электронный ресурс]. URL: <https://kit.alexgyver.ru/tutorials/address-strip> (дата обращения: 05.02.2023).
6. FastLED на GitHub [Электронный ресурс]. URL: <https://github.com/FastLED/FastLED> (дата обращения: 27.12.2022).

КРИПТОЭНЕРГЕТИКА

В.Д. Юровская

Науч. рук. ассистент В.В. Кижин

ФГБОУ ВО «БрГУ», г. Братск, Россия

valeriya.yurovskaya@mail.ru

В данной статье проведено исследование теплового потока, выделяемого при работе майнингового оборудования, на основе которого был выполнен анализ перспектив использования теплового потенциала дата-центров. Также был определён коэффициент полезного действия (КПД) оборудования и представлено сравнение объемов тепловой энергии, выделяемой от дата-центров.

Ключевые слова: майнинг, ASIC, тепловой поток, электрический котел, дата-центр.

CRYPTO ENERGY

V.D. Yurovskaya

Bratsk State University, Bratsk, Russia

valeriya.yurovskaya@mail.ru

In this article, a study of the heat flow released during the operation of mining equipment was carried out, on the basis of which an analysis of the prospects for using the thermal potential of data centers was performed. The efficiency of the equipment was also determined and a comparison of the volumes of thermal energy released from data centers was presented.

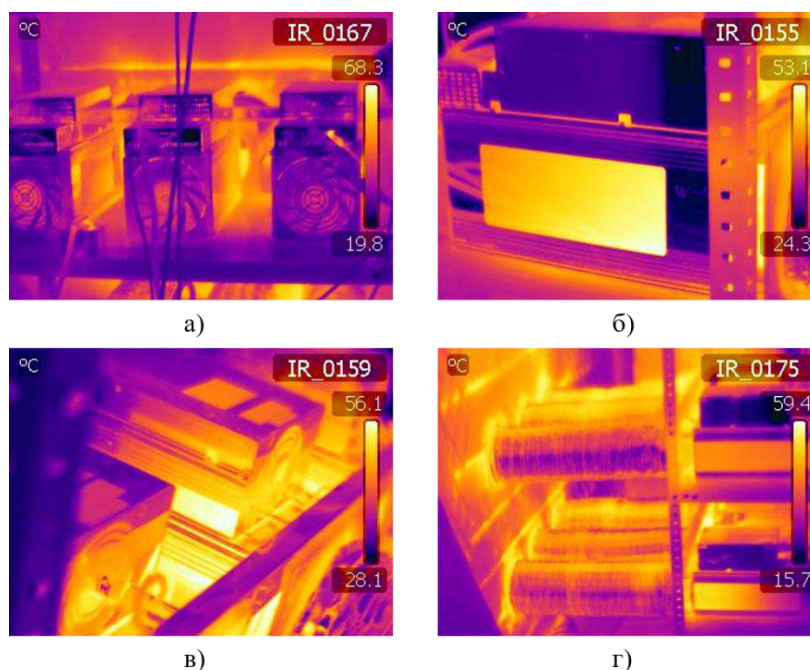
Keywords: mining, ASIC, heat flow, electric boiler, data center.

В настоящее время неотъемлемыми условиями успешного развития современного общества являются рациональный расход энергии и снижение её удельных затрат во всех сферах человеческой деятельности. Развитие данного направления стало основой для появления комплексных мер, направленных на эффективное использование топливно-энергетических ресурсов, на вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников энергии и на повышение энергоэффективности всех отраслей. С появлением крупных майнинговых ферм и популяризации частного майнинга в России, как и в мире, резко возросла доля потребления электроэнергии, приходящаяся на добычу криптовалюты [1-3].

Основным оборудованием для добычи криптовалюты является ASIC (application specific integrated circuit). В процессе её добычи происходит нагрев оборудования — хешплат, на которых и расположены процессоры, выполняющие вычислительные функции и работающие по заданным алгоритмам майнинга. Температурные пределы при работе одних из самых популярных ASIC составляют от 90 °C до 135 °C [4]. Одним из важнейших условий для стабильной работы и для предотвращения выхода из строя элементов ASIC является постоянный отвод тепла. На сегодняшний день получаемое от майнингового оборудования тепло, имеющее высокий тепловой потенциал, сбрасывается в атмосферу, теряя перспективу к дальнейшей реализации.

В данной статье проведено исследование теплового потока, выделяемого при работе майнингового оборудования, на основе которого был выполнен анализ перспектив использования теплового потенциала дата-центров.

Для оценки действительного количества теплового потока были определены необходимые параметры оборудования. Температуры плат и характеристики ASIC Whatsminer M21S были взяты из личного кабинета оборудования, внешние температурные параметры были определены в ходе тепловизионной съемки (см. рисунок).



Термограмма исследуемого оборудования:

а – фронтальная часть ASIC; б – вид справа; в – вид сзади; г – гофры, отводящие тепло с ASIC в виде воздушного потока в соседнее помещение

На основе полученных результатов по уравнению теплового баланса было рассчитано количество тепла, выделяемое ASIC, кВт·ч:

$$Q = G \cdot c \cdot (t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}}),$$

где G — массовый расход воздуха вентилятором, равный 0,05234 кг/с; c — удельная теплоемкость воздуха, принимаемая 1,005 кДж/(кг·°C); $t_{\text{вых}}$ — температура воздуха на выходе из ASIC, принимаемая равной 85 °C; $t_{\text{вх}}$ — средняя температура воздуха, подаваемая на вход ASIC и равная 20 °C.

$$Q = 0,05234 \cdot 1,005 \cdot (85 - 20) = 3,419 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Далее был рассчитан коэффициент полезного действия (КПД) ASIC, %:

$$\eta = \frac{Q}{P} \cdot 100,$$

где P — электрическая мощность, потребляемая оборудованием и равная 3,438 кВт·ч.

$$\eta = \frac{3,419}{3,438} \cdot 100 = 99,46 \text{ \%}.$$

Рассматривая майнинговое оборудование со стороны энергетики и опираясь на рассчитанный КПД, можно сделать вывод что ASIC по принципу своей работы является электродвигательным агрегатом, при этом количество вырабатываемой тепловой энергии численно равно количеству потребляемой оборудованием электрической энергии.

Опираясь на вышесказанное, был проведён анализ теплового потенциала майнингового оборудования крупнейшего дата-центра России «BitRiver», расположенного в городе Братске Иркутской области.

Основываясь на информации, расположенной на официальном сайте дата-центра [5], было установлено, что на данный момент на площадке предприятия работает около 75 тысяч устройств.

Проведя расчет, был определён тепловой потенциал дата-центра, который составил 256,43 МВт или 220,49 Гкал/ч низкопотенциальной тепловой энергии, что составляет: 13 % от установленной тепловой мощности теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), расположенной в городе Братске;

номинальную тепловую производительность котла КВГМ-180, выпускаемого на Бийском заводе «Котломаш»; расход тепла, необходимый для отопления более 4 км².

С точки зрения экономической и экологической эффективности имеет практический интерес внедрение температурного потенциала дата-центра в тепловой цикл ТЭЦ, расположенной в непосредственной близости от объекта исследования (менее 1 км).

Резюмируя вышесказанное и учитывая имеющийся успешный опыт реализации теплового потока от майнингового оборудования, можно сделать вывод, что данная тема актуальна и представляет интерес для дальнейшего её изучения и последующего внедрения.

Источники

1. Соломенников П.В., Починкина А.М., Кортенко Л.В. Технология майнинга с точки зрения экологии и энергозатрат // Наукосфера. 2021. № 3-2. С. 226-230.

2. Самохин В.И., Самохин Д.В., Бабкин Е.Е., Петров И.М. Актуальность вопросов энергосбережения на майнинг-фермах // Силовое и энергетическое оборудование. Автономные системы. 2019. Т. 2, № 2. С. 102-110.

3. Сазонова Т. Энергетики vs майнеры: конфликт интересов или взаимная выгода? // Региональная энергетика и энергосбережение. 2018. № 3. С. 84-85.

4. Нормальные рабочие температуры майнера [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://support.bitmain.com/hc/ru/articles/360005088914> (дата обращения: 01.03.2023).

5. BitRiver. Крупнейший блокчейн дата-центр в СНГ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://bitriver.com/ru/why> (дата обращения: 01.03.2023).

СЕКЦИЯ 8. РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

УДК 621.314.224.8

СПОСОБЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ЛОЖНОЙ РАБОТЫ УСТРОЙСТВ РЗА ПРИ НАСЫЩЕНИИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА

Э.И. Галиев

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Д.Ф. Губаев

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань,

galievemir@mail.ru

В статье рассматриваются способы предотвращения ложной работы устройств РЗА при насыщении магнитопроводов измерительных трансформаторов тока.

Ключевые слова: трансформатор тока, насыщение трансформаторов тока, короткое замыкание, устройства релейной защиты и автоматики.

METHODS THAT ALLOW PREVENT FALSE OPERATION OF RELAY PROTECTION AUTOMATION DEVICES WHEN MEASURING CURRENT TRANSFORMERS ARE SATURATED

E.I. Galiev

KSPEU, Kazan, Russia

galievemir@mail.ru

The article discusses ways to prevent false operation of relay protection and automation devices when the magnetic circuits of measuring current transformers are saturated.

Keywords: current transformer, saturation of current transformers, short circuit, relay protection and automation devices.

Трансформатор тока (ТТ) – один из наиболее распространенных видов трансформаторов, используемых для преобразования первичного тока силового электрооборудования во вторичный ток, который впоследствии измеряется устройствами учета, измерения электроэнергии, а также терминалами релейной защиты и противоаварийной автоматики. От

исправности, точности работы ТТ зависит правильный учет электроэнергии и функционирование большинства устройств РЗА.

Известно, что при коротких замыканиях, сопровождающихся насыщением ТТ, происходит замедление срабатывания дифференциальных защит: дифференциальной защиты линии, дифференциально фазной защиты линии, первых ступеней дистанционной и токовой защиты нулевой последовательности [1].

К организационно-техническим мероприятиям, предотвращающим аварийные ситуации в результате насыщения ТТ, относятся введение нормативно-технической документации (НТД), в соответствии с которыми технические характеристики ТТ и подключенных к ним устройств РЗА должны обеспечивать правильную работу устройств РЗА при КЗ. К данным НТД относятся: Правила технологического функционирования электроэнергетических систем (Пункт 128) [2], Предварительный национальный стандарт Российской Федерации ПНСТ 283-2018 (регламентирует технические требования, которым должны соответствовать ТТ разных классов точности для защиты, измерений) [3], ГОСТ Р 58669-2019 (устанавливает методические указания по определению времени до насыщения ТТ при КЗ, определяет исходные данные для осуществления расчетов) [4].

В результате проведения расчетов в соответствии с [3, 4] в целях обеспечения правильного функционирования устройств РЗА необходимо:

1. При модернизации релейной защиты с заменой ТТ на объекте электроэнергетики рассматривать следующие варианты:

- использование ТТ с классом точности 5Р, 10 Р со вторичным током 1 А,
- использование ТТ с классом точности 5PR, 10 PR (имеют коэффициент остаточной намагниченности не более 10%, в отличие от классов точности Р, у которых данный параметр составляет 86%),
- использование ТТ с большей номинальной кратностью;

2. При модернизации релейной защиты без замены ТТ на объекте электроэнергетики рассматривать увеличение сечения контрольного кабеля, соединяющего ТТ и аналоговые входы терминалов РЗА.

Приведенные выше технические мероприятия, связанные (в большинстве случаев) с заменой существующих на объекте энергетики ТТ, требуют больших капиталовложений. Поэтому рассмотрим следующие методы борьбы с аварийными последствиями насыщения ТТ.

Программно технические мероприятия характеризуются изменением алгоритмов работы цифровых устройств РЗА. Так производителями

устройств РЗА было предложено использование блокировок защит при сквозных КЗ:

- блокировка, основанная на сравнении направления токов в ветвях выключателей;

- блокировка по факту фиксации внешнего КЗ [1].

Также методом борьбы с последствиями насыщения магнитопровода ТТ является использование алгоритмов, позволяющим адаптировать устройство РЗА в условиях переходного режима КЗ:

- гармоническое торможение в ДЗТ,

- введение дополнительной зоны торможения дифференциальной защиты,

- восстановление искаженного сигнала вторичного тока ТТ с помощью алгоритма двух выборов [5].

Таким образом, для борьбы с последствиями насыщения ТТ существует тенденция к развитию алгоритмов работы устройств РЗА, которые прежде всего связаны с обработкой сигналов вторичного тока ТТ.

Источники

1. Шагимарданов П.Д. Влияние насыщения трансформаторов тока на работу РЗА/ П.Д. Шагимарданов, П.А. Звада, И.О. Таран // Энергетические установки и технологии. – 2020.– №4. – С. 76-80.

2. Постановление Правительства Российской Федерации от 13 августа 2018 года №947 Об утверждении Правил технологического функционирования электроэнергетических систем и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации.

3. ПНСТ 283-2018 Предварительный национальный стандарт Российской Федерации. Трансформаторы измерительные. Часть 2. Технические условия на трансформаторы тока.

4. ГОСТ Р 58669-2019. Национальный стандарт Российской Федерации. Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Релейная защита. Трансформаторы тока измерительный индуктивные с замкнутым магнитопроводом для защиты.

5. Глазырин В. Е. Влияние погрешностей трансформаторов тока на работу цифровых токовых защит / В. Е. Глазырин, А. А. Осинцев, Е. И. Фролова, А. А. Ледовских // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2019.– № 2(42). – С. 83-90.

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

И.Н. Лесниченко

Науч. рук. канд. техн. наук., преподаватель Р.Р. Гибадуллин

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

lesnichenkoivan@yandex.ru

В статье предложены на рассмотрение основные виды релейной защиты силовых трансформаторов. Трансформаторы являются одним из самых важных и дорогостоящих компонентов любой распределительной системы. Поэтому неисправности трансформаторов могут быть очень опасными для всей распределительной линии, а длительное время на ремонт и замену трансформаторов тратит драгоценное время и ресурсы. Следовательно, защита силовых трансформаторов становится очень важной.

Ключевые слова: релейная защита, силовые трансформаторы, распределительные линии.

RELAY PROTECTION OF POWER TRANSFORMERS

I.N. Lesnichenko

KSPEU, Kazan, Russia

lesnichenkoivan@yandex.ru

The article proposes for consideration the main types of relay protection of power transformers. Transformers are one of the most important and costly components of any distribution system. Therefore, transformer failures can be very dangerous for the entire distribution line, and a long time to repair and replace transformers wastes precious time and resources. Therefore, the protection of power transformers becomes very important.

Keywords: relay protection, power transformers, distribution lines.

Неисправности, возникающие на трансформаторе, в основном делятся на два типа: внешние неисправности и внутренние неисправности. Чтобы избежать какой-либо опасности для трансформатора, внешняя неисправность устраняется сложной системой реле в кратчайшие сроки. Внутренние неисправности в основном связаны с датчиками и измерительными системами. Мы поговорим об этих процессах далее в статье. Прежде чем мы перейдем к этому, важно понять, что существует

много типов трансформаторов, и в этой статье мы обсудим в основном силовой трансформатор, который используется в распределительных системах. Вы также можете узнать о работе силового трансформатора, чтобы понять его основы.

Защита для различных типов трансформаторов

Система защиты, используемая для силового трансформатора, зависит от категории трансформатора.

Трансформаторы в диапазоне 500 кВА подпадают под категорию I и II, поэтому они защищены с помощью предохранителей, но для защиты трансформаторов мощностью до 1000 кВА (распределительные трансформаторы на 11 кВ и 33 кВ) обычно используются автоматические выключатели среднего напряжения.

Для трансформаторов мощностью 10 МВА и выше, которые подпадают под (категории III и IV), для их защиты должны были использоваться дифференциальные реле. [1]

Кроме того, для защиты трансформатора широко применяются механические реле, такие как реле Бухгольца и реле внезапного давления. В дополнение к этим реле часто применяется защита от тепловой перегрузки для продления срока службы трансформатора.

Общие типы защиты трансформатора:

1. Защита от перегрева
2. Защита от перегрузки по току
3. Дифференциальная защита трансформатора

Защита трансформаторов от перегрева

Трансформаторы перегреваются из-за перегрузок и короткого замыкания. Допустимая перегрузка и соответствующая продолжительность зависят от типа трансформатора и класса изоляции, используемой для трансформатора.

Большие трансформаторы оснащены устройствами определения температуры масла или обмотки, которые измеряют температуру масла или обмотки. Обычно существует два способа измерения. Один относится к измерению в горячей точке, а второй - к измерению верхнего уровня масла. [2]

Защита от перегрузки по току в трансформаторе

Система защиты от перегрузки по току является одной из самых ранних разработанных систем защиты. Градуированная система защиты от перегрузки по току была разработана для защиты от перегрузки по току. распределители питания используют этот метод для обнаружения

неисправностей с помощью реле IDMT, то есть реле, имеющие: обратную характеристику и минимальное время работы.

Возможности реле IDMT ограничены. Реле такого типа должны быть настроены на 150-200% от максимального номинального тока, в противном случае реле будут работать в условиях аварийной перегрузки. Таким образом, эти реле обеспечивают незначительную защиту от неисправностей внутри бака трансформатора. [3]

Дифференциальная защита трансформатора

Дифференциальная защита с процентным смещением по току используется для защиты силовых трансформаторов и является одной из наиболее распространенных схем защиты трансформаторов, обеспечивающих наилучшую общую защиту. Эти типы защиты используются для трансформаторов мощностью более 2 МВА.

Трансформатор имеет две катушки, одна из которых является рабочей катушкой, а другая - ограничительной катушкой. Как следует из названия, ограничительная катушка используется для создания ограничительной силы, а рабочая катушка используется для создания рабочей силы.

Источники

1. Засыпкин А.С. Релейная защита трансформаторов // Энергоатомиздат - № 2. – 1989 – с. 58
2. Беркович М.А. Основы техники релейной защиты // Энергоатомиздат - № 2. – 1984 – с. 376
3. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения // Просвещение - №3. – 2005 – с. 131

УДК 621.315.1

ГОЛОЛЕДООБРАЗОВАНИЕ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ОПОРЫ ВЛ

Л.Р. Мавляутдинов¹, Ю.В. Писковацкий²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹linar.mavlyautdinov@gmail.com, ²Yura_kazan@mail.ru

Гололедообразование является серьезной проблемой для энергетических компаний, так как оно может привести к повреждению опор высоковольтных линий и, как следствие, к сбоям в энергоснабжении. В данной статье будет рассмотрено влияние

гололедообразования на опоры ВЛ и методы борьбы с этой проблемой, включая применение различных покрытий и систем обогрева.

Ключевые слова: гололедообразование, опоры ВЛ, воздействие льда на опоры, последствия гололедообразования, современные технологии борьбы с гололедообразованием.

ICE FORMATION AND ITS INFLUENCE ON THE SUPPORTS OF THE OVERHEAD LINE

L.R. Mavlyautdinov¹, Y.V. Piskovatsky²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

¹linar.mavlyautdinov@gmail.com, ²Yura_kazan@mail.ru

Ice formation is a serious problem for energy companies, as it can lead to damage to the supports of high-voltage lines and, as a result, to power supply failures. This article will consider the impact of ice formation on overhead line supports and methods to combat this problem, including the use of various coatings and heating systems.

Keywords: ice formation, overhead line supports, impact of ice on supports, consequences of ice formation, modern technologies for combating ice formation.

Гололедообразование - это процесс образования ледяного покрова на поверхности объектов в результате замерзания капель дождя, тумана или росы на поверхности, находящейся ниже нуля градусов Цельсия. Гололедообразование является серьезной проблемой в технических системах, таких как авиация, энергетика, транспорт, где образование льда на поверхностях может привести к повреждению оборудования и опасности для людей. [1] Гололедообразование может происходить в условиях, когда атмосферная влажность выше 80% и температура на поверхности объектов ниже нуля градусов Цельсия. Кроме того, скорость ветра, атмосферное давление и характеристики поверхности объектов также влияют на образование гололеда. [2]

Гололедообразование на опорах ВЛ может привести к увеличению массы конструкций, что приводит к перегрузке и деформации. Это может повлечь за собой снижение прочности опор, изменение формы, а также повреждения изоляторов и креплений проводов. Кроме того, гололед на опорах может привести к ухудшению электрических свойств проводов, что может привести к снижению эффективности передачи электроэнергии и нарушению надежности энергосистемы. В ситуациях, когда гололед образуется на проводах, это может привести к обрывам проводов и

повреждению изоляции, что может привести к авариям и нарушению энергоснабжения. Кроме того, накопление гололеда на проводах может изменять форму проводов и угол их натяжения, что также может снижать прочность конструкции и повышать вероятность аварийных ситуаций. [3]

Сейчас в Российской Федерации используются информационные системы для обнаружения гололедообразования на проводах ВЛ, которые основаны на гравитационном методе взвешивания проводов при помощи тензометрических датчиков. Кроме этого, в настоящее время разрабатываются методы, которые определяют гололедообразование на проводах линий на основе изменения условий распространения высокочастотных сигналов. Была предложена система мониторинга интенсивности гололедообразования, которая контролирует условия, приводящие к образованию ГИО. [4] Несмотря на все усовершенствования, применяемые системы, основанные на гравитационном методе, не могут прогнозировать начало гололедообразования и его интенсивность с высокой точностью. Поэтому создание систем, которые могут фиксировать начало гололедообразования и расчёт массы отложений на участке ВЛ, где произошло образование гололеда, является актуальной задачей.

Гололедообразование является серьезной проблемой для опор ВЛ электропередачи. Существующие системы обнаружения гололедообразования имеют ограниченные возможности прогнозирования начала процесса гололедообразования и его интенсивности, поэтому разработка новых систем, позволяющих фиксировать начало гололедообразования, а также точно определять участки ВЛ и массу отложений является актуальной задачей. Дальнейшие исследования в этой области могут привести к созданию более эффективных методов борьбы с гололедом и повышению надежности работы опор ВЛ электропередачи.

Источники

1. Стрелецкий Н.Б. СПОСОБЫ БОРЬБЫ С ГОЛОЛЕДООБРАЗОВАНИЕМ НА ПРОВОДАХ ВЛ // Вестник науки. 2020. №2 (23). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sposoby-borby-s-gololedoobrazovaniem-na-provodaх-vl> (дата обращения: 01.03.2023).

2. Методические указания по применению сигнализаторов гололёда (СГ) и прогнозированию гололёдоопасной обстановки. Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС», 6 стр. URL: https://www.fsk-ees.ru/upload/docs/STO_56947007-29.240.55.113-2012_izm_28042018.pdf (дата обращения: 01.03.2023).

3. Экспериментальные исследования комплексного способа обнаружения гололёдных отложений на проводах воздушных линий электропередачи / Ю. В. Писковацкий, Д. Ф. Губаев, И. Л. Кузьмин // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2015. – Т. 71, № 6. – С. 20-24. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25955363> (дата обращения: 01.03.2023)

4. Патент № 2537380 С1 Российская Федерация, МПК H02G 7/16. Способ обнаружения гололеда на проводах воздушных линий электропередачи : № 2013130646/07 : заявл. 03.07.2013 : опубл. 10.01.2015 / Р.Г. Мустафин, Ю.В. Писковацкий, Э.Ф. Хакимзянов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Казанский государственный энергетический университет" (ФГБОУ ВПО "КГЭУ"). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37417659> (дата обращения: 01.03.2023)

УДК 621.315.1

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ В СОВРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Л.Р. Мавляутдинов

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Ю.В. Писковацкий

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

linar.mavlyautdinov@gmail.com.

В статье рассматриваются проблемы, связанные с оценкой эффективности систем релейной защиты в современных электрических сетях, и предлагает решения для повышения их эффективности. В статье обсуждаются методы оценки эффективности систем релейной защиты, включая моделирование и симуляцию работы системы, а также проведение испытаний на оборудовании и в лабораторных условиях. Также рассматривается использование новых технологий, таких как искусственный интеллект и машинное обучение, для создания более точных и эффективных систем релейной защиты. В статье подчеркивается важность продолжения исследований и разработок в области релейной защиты, чтобы обеспечить максимальную надежность и безопасность работы электроэнергетических систем в современных условиях.

Ключевые слова: Оценка эффективности, системы релейной защиты, электрические сети, моделирование, симуляция, испытания, искусственный интеллект, машинное обучение, надежность, безопасность.

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF RELAY PROTECTION SYSTEMS IN MODERN ELECTRICAL NETWORKS

L.R. Mavlyautdinov
KSPEU, Kazan, Russia
linar.mavlyautdinov@gmail.com

The article discusses the problems associated with evaluating the effectiveness of relay protection systems in modern electrical networks and offers solutions to improve their efficiency. The article discusses methods for evaluating the effectiveness of relay protection systems, including modeling and simulation of the system, as well as conducting tests on equipment and in laboratory conditions. The use of new technologies, such as artificial intelligence and machine learning, to create more accurate and efficient relay protection systems is also being considered. The article emphasizes the importance of continuing research and development in the field of relay protection in order to ensure maximum reliability and safety of electric power systems in modern conditions.

Keywords: Efficiency evaluation, relay protection systems, electrical networks, modeling, simulation, testing, artificial intelligence, machine learning, reliability, security.

Системы релейной защиты являются неотъемлемой частью электроэнергетических систем и служат для обнаружения и локализации аварийных ситуаций, а также для защиты оборудования и персонала. Однако, с развитием современных электрических сетей и повышением требований к их надежности и эффективности, возникают новые вызовы и проблемы в области релейной защиты [1].

Одной из главных задач при проектировании систем релейной защиты является оценка их эффективности. Это позволяет определить, насколько хорошо система способна обнаруживать и защищать оборудование от аварийных ситуаций, а также выявить ее проблемы и недостатки.

Одним из методов оценки эффективности систем релейной защиты является моделирование и симуляция работы системы в различных условиях [2]. Это позволяет выявить возможные проблемы и улучшить работу системы релейной защиты. Кроме того, проведение испытаний на оборудовании и в лабораторных условиях также позволяет оценить эффективность системы релейной защиты [3].

С другой стороны, современные электрические сети имеют сложную структуру и включают в себя множество различных элементов, таких как солнечные и ветровые электростанции, умные сети и электромобили. Это

создает новые вызовы в области релейной защиты, так как традиционные методы могут не справляться с такими условиями.

Одним из решений этой проблемы является использование новых технологий, таких как искусственный интеллект, машинное обучение и алгоритмы глубокого обучения [4]. Эти технологии позволяют создавать более точные и эффективные системы релейной защиты, которые могут быстро адаптироваться к изменяющимся условиям сети.

В заключение, оценка эффективности систем релейной защиты в современных электрических сетях является ключевым фактором для обеспечения надежности и безопасности работы электроэнергетических систем. Современные технологии, такие как искусственный интеллект и машинное обучение, позволяют создавать более точные и эффективные системы релейной защиты, которые могут адаптироваться к изменяющимся условиям сети. Однако, необходимо продолжать исследования и разработки в этой области, чтобы обеспечить максимальную надежность и эффективность работы систем релейной защиты в современных электрических сетях.

Источники

1. Трофимов А.С. Разработка методов и средств повышения надёжности релейной защиты электроэнергетических систем. Автореферат. URL: <https://www.dissercat.com/content/razrabotka-metodov-i-sredstv-povysheniya-nadezhnosti-releinoi-zashchity-elektroenergetichesk> (дата обращения: 07.03.2023).

2. Волкова Е. Д., Захаров А. А., Подковальников С. В., Савельев В. А., Семёнов К. А., Чудинова Л. Ю. Система и проблемы управления развитием электроэнергетики России // Проблемы прогнозирования. 2012. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-i-problemy-upravleniya-razvitiem-elektroenergetiki-rossii> (дата обращения: 07.03.2023).

3. Анализ применения метода опорных векторов в многомерной релейной защите / А. Л. Куликов, Д. И. Бездушный, М. В. Шарыгин, В. Ю. Осокин // Известия Российской академии наук. Энергетика. – 2020. – № 2. – С. 123-132.

4. Ткаченко, С. Н. Универсальная модель распределительной сети на основе совмещения имитационной физической модели и математической модели в САПР / С. Н. Ткаченко, П. Р. Никифоров, А. В. Коваленко // Инновационные перспективы Донбасса : Материалы 4-й международной научно-практической конференции, Донецк, 22–25 мая 2018 года. Том 2. – Донецк: Донецкий национальный технический университет, 2018. – С. 24-32.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ И ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СЕТИ 10 кВ В RSCAD ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Е.М. Исаков¹, Д.В. Пискунов²

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Г.А. Филатова

^{1,2}ИГЭУ, г. Иваново

В статье представлена методика и модель воздушной сети 10 кВ для исследования работы цифровых измерительных трансформаторов тока и напряжения в режиме дуговых перемежающихся однофазных замыканий на землю с применением программно-аппаратного комплекса RTDS.

Ключевые слова: воздушная линия электропередачи, однофазные замыкания на землю, цифровые измерительные трансформаторы, RTDS.

DEVELOPMENT OF A SIMULATION MODEL OF A 10 kV NETWORK IN RSCAD FOR THE STUDY OF DIGITAL INSTRUMENT TRANSFORMERS

E.M. Isakov¹, D.V. Piskunov²

^{1,2}ISPU, Ivanovo, Russia

The article presents a model of a 10 kV overhead system to study the operation of digital current and voltage measuring transformers in the mode of arc intermittent single phase ground faults with the use of a hardware and software complex RTDS.

Keywords: overhead power transmission line, single-phase ground faults, digital instrument transformers, RTDS.

В Ивановском государственном энергетическом университете (ИГЭУ, Иваново, Россия) разработаны цифровые измерительные трансформаторы (ЦТТН) различных классов напряжений – 6(10); 35; 110 кВ, а также устройства на их основе. Опытная эксплуатация ЦТТН показала их высокую надежность и соответствие заявленному классу точности (0,2S по току и 0,2 по напряжению), о чем имеются заключения и протоколы. В большинстве установок, разработанные трансформаторы используются для целей коммерческого учета электроэнергии.

Однако некоторые области применения ЦТТН и отработка технологий построения систем автоматизации на их основе требует дополнительных исследований. В частности, не в полной мере проведены

исследование работы ЦТТН в условиях дуговых перемежающихся однофазных замыканий на землю (ДПОЗЗ). ДПОЗЗ сопровождаются большим уровнем перенапряжений на неповрежденных фазах, а также наличием высших гармоник в токе $3I_0$ [1]. Переходные процессы при ДПОЗЗ оказывают значительное влияние на селективность и устойчивость функционирования устройств релейной защиты от данного вида повреждений, подключаемых к измерительным трансформаторам [2].

Дополнительные исследования ЦТТН позволяют сделать вывод о работе ЦТТН в условиях ДПОЗЗ, сделать вывод о применимости ЦТТН в качестве первичного преобразователя для релейной защиты и автоматики (РЗА). Поэтому целью работы является разработка методики экспериментальных исследований ЦТТН 6–35 кВ в условиях ДПОЗЗ. Полученная методика исследований позволит проводить типовые автоматизированные испытания ЦТТН в условиях, максимально приближенным к условиям эксплуатации реальных электроустановок. Методика предполагает широкое использование метода физико-математического моделирования.

Центральным элементом при выполнении исследований по данной методике является программно-аппаратный комплекс (ПАК) моделирования в режиме реального времени RTDS. Общая схема исследовательской установки представлена на рисунке 1.

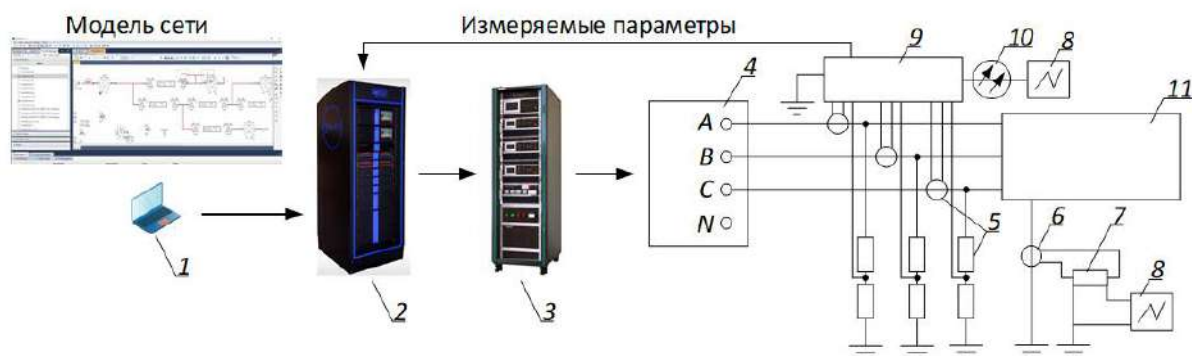


Рис. 1. Структурная схема испытательной установки с ПАК RTDS и усилителями PONOVO: 1 – компьютер с моделью сети; 2 – ПАК RTDS; 3 – усилители PONOVO

PAV3000; 4 – трехфазный повышающий трансформатор; 5 – датчики тока и напряжения ЦТТН; 6 – трансформатор тока; 7 – измерительный шунт; 8 – цифровой запоминающий осциллограф; 9 – электронный блок ЦТТН; 10 – оптоволоконный канал связи; 11 – электромагнитный ТН

На данной этапе работы авторами статьи разработана модель сети 10 кВ в RSCAD RTDS. Схема моделируемой сети 10 кВ и ее основные

параметры представлены на рисунке 2. Сеть представляет участок района электрической сети (РЭС) с воздушными линиями электропередачи.

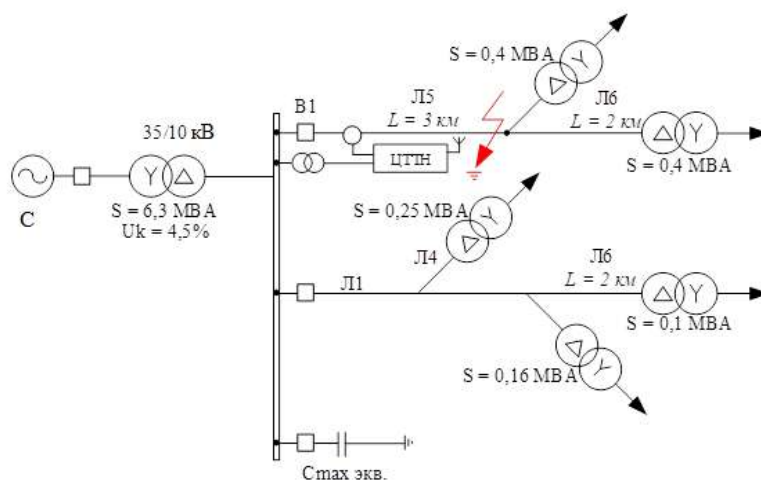


Рис. 2. Схема электрической сети 10 кВ

В среде RSCAD разработан интерфейс управления моделью. В частности, варьировались следующие параметры ДПОЗЗ [3]:

- общая длительность ДПОЗЗ;
- переходное сопротивление в месте ДПОЗЗ;
- моменты возникновения и гашения дуги при ДПОЗЗ.

Моменты возникновения и гашения дуги при ДПОЗЗ моделирования согласно известным теориям ДПОЗЗ. Разработанная модель может применяться при исследованиях ЦТТН и исследовании совместной работы ЦТТН и цифровых устройств РЗА, в том числе, в режиме ДПОЗЗ.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-29-00084, <https://rscf.ru/project/23-29-00084/>.

Источники

1. Шуин В.А., Гусенков А.В. Защиты от замыканий на землю в электрических сетях 6-10 кВ. М.: НТФ «Энергопрогресс». Приложение к журналу, «Энергетик», 2001. 104 с.
2. А. Шалин. Замыкания на землю в линиях электропередачи 6-35 кВ. Особенности возникновения и приборы защиты. Новости электротехники, журнал №1(31), 2005 <http://news.elteh.ru/arh/2005/31/15.php>.
3. Козлов В.К., Е.Р. Киржацких, Гиниатуллин Р.А. Исследование влияния переходного сопротивления на определение места однофазного замыкания на землю в распределительных сетях с изолированной нейтралью // Электротехника и энергетика. 2019, №1. С. 39 – 46.

ВЛИЯНИЕ ГОЛОЛЕДА НА ОПОРЫ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ ДАТЧИКА ОБНАРУЖЕНИЯ ГОЛОЛЕДООБРАЗОВАНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

В.Р. Сагиров¹, Ю.В. Писковацкий²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹vildan.2001.1@gmail.com, ²Yura_kazan@mail.ru

Настоящая статья исследует влияние гололеда на опоры линий электропередачи и оценивает перспективы внедрения датчика обнаружения гололедообразований в Республике Татарстан. Гололедообразование является серьезной проблемой для опор линий электропередачи, оно может привести к их повреждению и потере электроснабжения. В статье также рассмотрены различные методы обнаружения гололеда, используемые в России. На основе анализа данных были сделаны рекомендации по внедрению датчиков обнаружения гололедообразований в некоторых районах Республики Татарстан для снижения капитальных и эксплуатационных затрат, более быстрого и точного определения места повреждения при аварийных ситуациях. Результаты данного исследования могут быть полезны для энергетических компаний, занимающихся обслуживанием линий электропередачи.

Ключевые слова: гололедообразование, опоры ВЛ, воздействие льда на опоры, последствия гололедообразования, современные технологии борьбы с гололедообразованием.

INFLUENCE OF ICE ON POWER LINE SUPPORTS AND PROSPECTS FOR INTRODUCING ICE DETECTION SENSOR IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN

V.R. Sagirov¹, Y.V. Piskovatski²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

¹vildan.2001.1@gmail.com, ²Yura_kazan@mail.ru

This article explores the impact of icing on the supports of power transmission lines and evaluates the prospects for implementing a sensor for detecting ice formation in the Republic of Tatarstan. Ice formation is a serious problem for power transmission line supports, as it can cause damage and power outages. The article also examines various methods for detecting ice formation used in Russia. Based on the data analysis, recommendations were made for the implementation of ice detection sensors in certain areas

of the Republic of Tatarstan to reduce capital and operating costs, as well as to quickly and accurately determine the location of damage during emergencies. The results of this study can be useful for energy companies involved in the maintenance of power transmission lines.

Keywords: ice formation, overhead line supports, impact of ice on supports, consequences of ice formation, modern technologies for combating ice formation.

Согласно ПУЭ территория России разделена на 7 регионов [1]. В зимний период на элементах высоковольтных линий (ВЛ) может накапливаться гололед, изморозь, отложения мокрого снега и другие подобные образования. Они представляют опасность для нормального функционирования электрических сетей и часто вызывают повреждения опор, линейной арматуры и изоляции, а также обрывы проводов линий электропередачи из-за увеличения механических нагрузок на эти элементы. Гололедообразование также может приводить к аварийным ситуациям, которые могут парализовать систему энергоснабжения на значительных территориях и требовать значительных усилий эксплуатационно-ремонтного персонала предприятий электрических сетей для их обнаружения и устранения.

В настоящее время в Российской Федерации используются информационные системы для обнаружения гололедно-изморозевых отложений на проводах воздушных линий (ВЛ) электропередачи, которые основаны на гравитационном методе, использующем тензометрические датчики для взвешивания проводов ВЛ [2]. Кроме того, разрабатываются методы, основанные на изменении условий распространения высокочастотных сигналов по линейному тракту при образовании гололедных отложений на проводах линий. В зарубежных странах также используют инклинометрические датчики. Существующие системы, основанные на гравитационном методе, имеют ограниченную способность прогнозирования начала гололедообразования и интенсивности его развития [3]. Методы, использующие локационные и инклинометрические датчики, не могут контролировать всю линию, требуя установки датчиков на каждом пролете, что является затратным.

Поэтому существует актуальная задача разработки и внедрения систем, позволяющих фиксировать начало процесса гололедообразования и участки ВЛ, на которых произошло образование гололедно-изморозевых отложений. В качестве иллюстративного примера района, для которого рекомендуется реализовать наше техническое решение, включающее использование датчиков, может быть рассмотрен город Бугульма.

Эффект уменьшения капитальных и эксплуатационных затрат от внедрения датчика, принцип его работы [4], расчет окупаемости, Profitability Index и технологические риски будут рассмотрены в дальнейших исследованиях.

Источники

1. Правила устройства электроустановок. Издание 7. 2003г.
2. Левченко И.И., Сацук Е.И. Система прогнозирования и контроля гололедообразования // Электроэнергия. Передача и распределение. 2011. №1. С. 14-18.
3. Экспериментальные исследования комплексного способа обнаружения гололёдных отложений на проводах воздушных линий электропередачи / Ю. В. Писковацкий, Д. Ф. Губаев, И. Л. Кузьмин // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. – 2015. – Т. 71, № 6. – С. 20-24. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25955363> (дата обращения: 01.03.2023)
4. Патент № 2537380 С1 Российская Федерация, МПК H02G 7/16. Способ обнаружения гололеда на проводах воздушных линий электропередачи : № 2013130646/07 : заявл. 03.07.2013 : опубл. 10.01.2015 / Р.Г. Мустафин, Ю.В. Писковацкий, Э.Ф. Хакимзянов ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Казанский государственный энергетический университет" (ФГБОУ ВПО "КГЭУ"). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37417659> (дата обращения: 01.03.2023)

УДК 621.317.785

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УЧЕТА В ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДОМАХ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

А.Р. Сулейманова¹, Р.Р. Вилданов²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

^{1,2}aygul_mi@bk.ru

Активное развитие сегмента информационных технологий наблюдается во многих сферах жизнедеятельности современного человека. Одним из наиболее актуальных направлений развития данных технологий является создание интеллектуальных систем учета в домах. Основной целью текущей статьи является произведение анализа интеграции интеллектуальных систем учета в частных домах на

примере Республики Татарстан. Автором применяются теоретические методы исследования, а также используются научные материалы отечественного и зарубежного авторства. Преимущественная часть статьи посвящена именно особенностям интеграции и использования интеллектуальных систем учета в индивидуальных домах.

Ключевые слова. Информационные технологии, индивидуальный дом, Республика Татарстан, интеллектуальная система.

INTELLIGENT SYSTEMS METERING SYSTEMS IN INDIVIDUAL HOMES OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

A.R. Suleimanova¹, R.R. Vildanov²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

^{1,2}aygul_mi@bk.ru

The active development of the information technology segment is observe in many spheres of modern human life. One of the most relevant areas of development of these technologies is the creation of intelligent accounting systems in homes. The main purpose of the current article is to analyze the integration of intelligent accounting systems in private homes on the example of the Republic of Tatarstan. The author applies theoretical research methods, as well as uses scientific materials of domestic and foreign authorship. The predominant part of the article is devoted specifically to the features of integration and use of intelligent accounting systems in individual homes.

Keywords. Information technologies, individual house, Republic of Tatarstan, intelligent system.

На сегодняшний день наблюдаются качественные изменения на энергетическом рынке, вызванные развитием технологического прогресса. Основные задачи из области электроэнергетики напрямую связаны с необходимостью повышения надежности, а также повышения экономической и технологической эффективности систем энергоснабжения. Современные региональные компании проводят активную политику, связанную с переводом жителей на использование интеллектуальных систем учета. Так, в Республике Татарстан предлагается бесплатная замена взамен вышедших из строя и установка интеллектуальных счетчиков [1].

Указанные тенденции основываются не только на прямой необходимости своего развития, но и подкрепляются Законами Российской Федерации. Так, Президентом Российской Федерации был подписан разработанный Министерством Энергетики России Федеральный Закон «О

внесении изменений в законодательные акты Российской Федерации в связи с развитием систем учета электрической энергии в Российской Федерации», согласно которому тенденции развития и интеграции интеллектуальных систем учета стали закреплены на законодательном уровне [6].

Согласно данному закону от 27.12.2018 №522-ФЗ, с 01.06.2020 в частных домах на территории нашей страны по мере выхода из строя, старые счетчики на электроэнергию подлежат замене на интеллектуальные приборы учета. В ФЗ указано: «Не отвечающие минимальным требованиям интеллектуальных систем учета счетчики после 1 июля текущего года не подлежат установке». Данным законом были введены единые требования к интеллектуальным приборам учета электроэнергии, следствием чего является сокращение издержек за счет снижения потерь электроэнергии, а также технологическое развитие отрасли в целом [2].

Необходимо отметить, что интеллектуальный счетчик представляет собой прибор учета наподобие небольшого компьютера. Посредством данного устройства считываются киловатт-часы, а также выполняются множество необходимых и полезных функций. Данные счетчики представляют возможность более детального и точного определения показаний потребления. Также у потребителя появляется возможность получения всех данных в электронной форме. Ввиду значительной отдаленности индивидуальных домов в Татарстане от имеющихся пунктов передачи показателей и оплаты электроэнергии, анализируемые устройства получают все большую актуальность. Теперь посредством этих систем жители данной Республики имеют возможность получения электронной квитанции и онлайн оплаты по результатам электропотребления за расчетный период [3-4].

Таким образом, основной целью представленной статьи являлось выполнения анализа, касающихся ключевых сведений о внедрении интеллектуальной системы учета в частных домах Республики Татарстан. В результате работы были рассмотрены такие аспекты, как актуальность цифровизации энергетической области, необходимость интеграции интеллектуальных приборов учета, особенности и преимущества работы интеллектуальной системы учета электроэнергии в частных домах Республики Татарстан [5]. В заключение необходимо отметить, что проанализированные технологии имеют колоссальное значение в вопросе технологического развития нашей страны. Именно на основе данных технологий может быть значительно повышена экономическая эффективность и рациональность работы энергетических компаний.

Источники

1 Ремизова Т.С., Кошелев Д.Б. Возможности создания и перспективы развития интеллектуальной системы учета электроэнергии в России // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2018.

2 Федеральный закон «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с развитием систем учета электрической энергии в Российской Федерации» от 27.12.2018 N 522-ФЗ.

3 Зиганшин А.Г., Михеев Г.М. Цифровизация системы учёта электроэнергии // Вестник ЧГУ. 2020.

4 Kovaleva T.V., Zholnerchik S.S. The effects of the introduction of intelligent electric power networks // CPM. 2018.

5 Закирова, И. Р. Оптимизация отпуска тепловой и электрической энергии с внедрением автоматизированных систем / И. Р. Закирова, А. Р. Хабиева, Р. Р. Вилданов // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2018. – № 4(40). – С. 33-38. – EDN CQBRAZ.

6 Шаров, В. В. Автоматизированная система учета электроэнергии с использованием web технологий / В. В. Шаров, Р. И. Фатыхов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2015. – № 9-10. – С. 87-90. – EDN VPUOXV.

УДК 621-313.3

АЛГОРИТМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСЧЕТА УСТАВОК МТЗ ЛИНИЙ 6(10) кВ НА БАЗЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ КОМПЛЕКСОВ РЗА

А.И. Хисматуллин

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Е.А. Панова

ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск

khismatullin.ars@yandex.ru

В статье описан алгоритм автоматизированного расчёта уставок, проверка чувствительности, а также построение характеристик срабатывания релейной защиты, в качестве альтернативы ручному методу расчёта. Работа алгоритма реализована с помощью программного пакета Excel. Представлены результаты расчёта токовой отсечки и максимальной токовой защиты линий 6(10) кВ.

Ключевые слова: расчет уставок, релейная защита и автоматика, максимальная токовая защита, микропроцессорные терминалы.

ALGORITHM FOR AUTOMATED CALCULATION OF SETTINGS FOR OVERCURRENT PROTECTION OF 6(10) kV LINES ON THE BASIS OF MICROPROCESSOR COMPLEXES OF RELAY PROTECTION

A.I. Khismatullin

NSMTU, Magnitogorsk, Russia

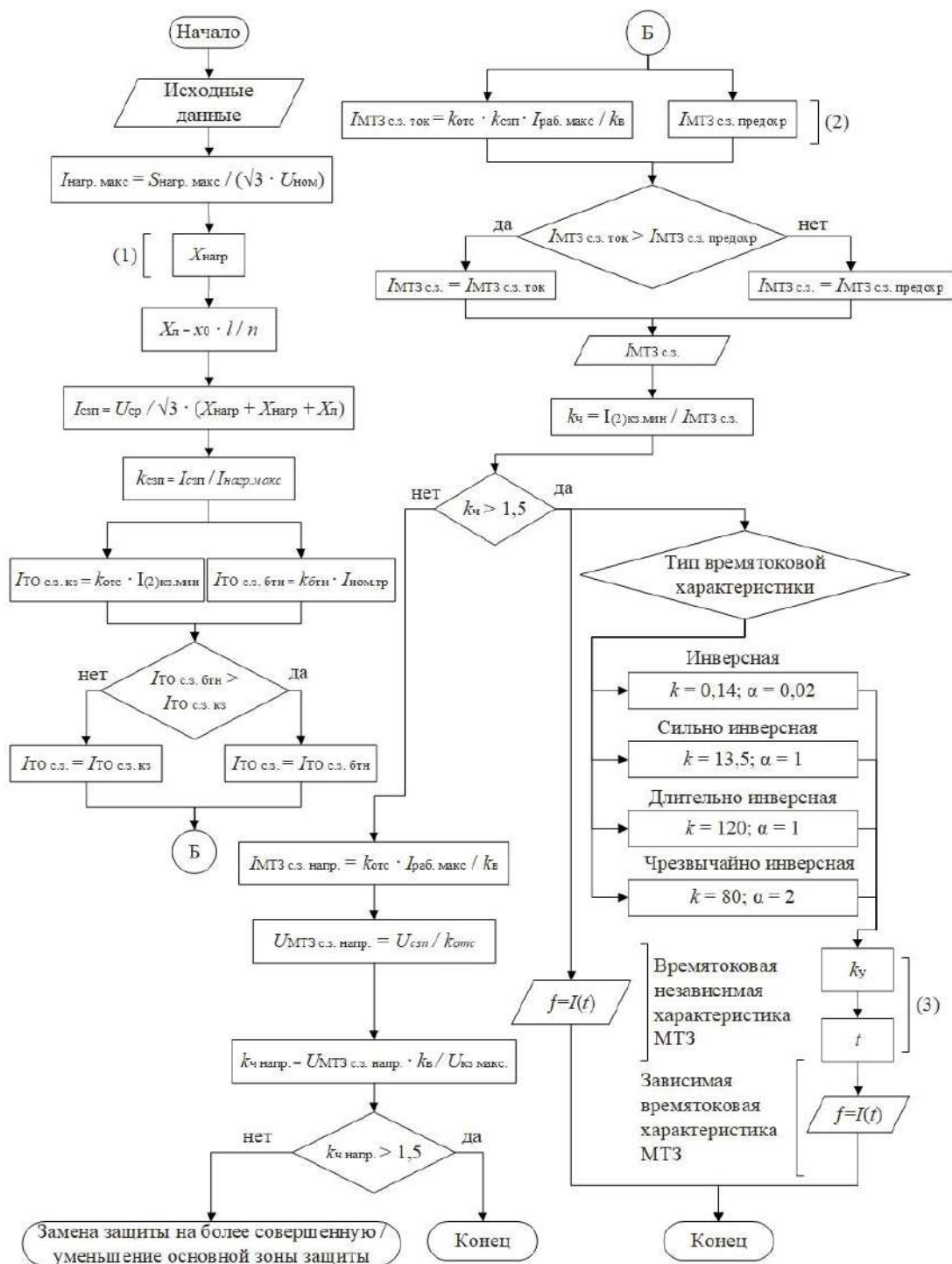
khismatullin.ars@yandex.ru

The paper describes the algorithm for automated calculation of settings, sensitivity testing, as well as the construction of relay protection operation characteristics, as an alternative to the manual calculation method. The operation of the algorithm is implemented using the Excel software package. The results of calculation of current cutoff and maximum current protection of 6(10) kV lines are presented.

Keywords: setpoint calculation, relay protection and automation, maximum current protection, microprocessor terminals.

Для автоматического расчёта необходимо ввести исходные данные: номинальное напряжение защищаемой линии ($U_{ном}$); результирующее сопротивление системы в максимальном режиме ($X_{с.рез.макс}$); максимальная полная мощность нагрузки ($S_{нагр.макс}$), кВА; длина защищаемой линии (l), км; число параллельных ниток линии (n), шт; коэффициент возврата (k_B); коэффициент отстройки ($k_{отс}$); ток 3-х фазного КЗ в максимальном режиме ($I_{(3)кз.макс}$), 2-х фазного КЗ в минимальном режиме ($I_{(2)кз.мин}$); линейное напряжение при 3-х фазном КЗ в конце линии ($U_{кз макс}$), кВ. Алгоритм расчёта уставок ТО и МТЗ представлен на блок-схеме на рисунке.

Алгоритм реализует автоматизированный расчет уставок защит на базе комплекта БМРЗ-50 производства ООО «НТЦ «Механотроника».



Блок-схема расчёта параметров срабатывания ТО и МТЗ

Коэффициент самозапуска для защищаемого присоединения определяется расчетным путем на основе данных о нагрузке. Для этого определяется сопротивление нагрузки при $x_{\text{нагр}}^* = 0,35$:

$$X_{\text{нагр}} = U_{\text{ср}}^2 / (S_{\text{нагр. макс}} \cdot x_{\text{нагр}}^*). \quad (1)$$

Далее рассчитывается ток самозапуска. Уставка токовой отсечки отстраивается от тока 3-х фазного КЗ ($I_{\text{ТО с.з. кз}}$) и БТН трансформатора ($I_{\text{ТО с.з. БТН}}$). Алгоритмом предусмотрен автоматический выбор наибольшего из этих значений в качестве определяющего условия.

В соответствии с требованиями [1-3] ток срабатывания МТЗ отстраивается от максимального рабочего тока ($I_{\text{МТЗ с.з. ток}}$) и согласования с уставками предохранителей на ответвлениях от ЛЭП:

$$I_{\text{МТЗ с.з. предохранитель}} = k_{\text{отс}} \cdot (k_{\text{отс}}^* \cdot I_{\text{пл.предохранитель}} + \sum I_{\text{раб.}}). \quad (2)$$

Если уставки защиты не обеспечивают требуемую чувствительность, то алгоритмом рассчитываются уставки МТЗ с пуском по напряжению.

Также осуществляется построение времятоковых характеристик МТЗ. Для этого необходимо выбрать из выпадающего списка тип характеристики, реализуемый выбранным терминалом релейной защиты.

Уставка коэффициент усиления защиты (k_y) и аналитическая зависимость характеристик в общем виде описываются уравнениями:

$$k_y = t_{\text{сраб}} / \left(k \cdot \left(\frac{I}{I_{\text{МТЗ с.з.}}} \right)^{\alpha} - 1 \right); \quad t = k \cdot k_y / \left(\left(\frac{I}{I_{\text{МТЗ с.з.}}} \right)^{\alpha} - 1 \right). \quad (3)$$

Источники

1 Соловьёв А.Л., Иванов И.В., Сельков Е.А. Релейная защита распределительных сетей 6-10 кВ. Расчёт уставок: Метод. указания. Санкт-Петербург: ООО «НТЦ «Механотроника», 2017. – 68 с.

2 Игуменцев В.А., Олейников В.К., Патшин Н.Т., Панова Е.А. Релейная защита и автоматика понизительных подстанций промышленного предприятия: Учеб. пособие. - Магнитогорск: МГТУ, 2014. – 108 с.

3 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. – EDN GTODNE.

СЕКЦИЯ 9. ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 66.07

АДСОРБЦИОННАЯ ОСУШКА ПРИРОДНОГО ГАЗА КАРБОНАТНЫМ ШЛАМОМ

И.И. Алабужев¹, Л.А. Николаева²

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹ivan_alabuzhev@mail.ru, ²larisanik16@mail.ru

В статье рассмотрены адсорбент для осушки природного газа и представлена схема установки очистки природного газа методом сорбции.

Ключевые слова: адсорбция, очистка газа, карбонатный шлам, осушка газа.

ADSORPTION DRYING OF NATURAL GAS WITH CARBONATE SLUDGE

I.I. Alabuzhev¹, L.A. Nikolaeva²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

¹ivan_alabuzhev@mail.ru, ²larisanik16@mail.ru

The article considers an adsorbent for drying natural gas and presents a scheme of a natural gas purification plant by sorption.

Keywords: adsorption, gas purification, carbonate sludge, gas drying.

В качестве адсорбента с целью осушки природного газа будет применяться гранулированный сорбционный материал, который был разработан на основе карбонатного шлама Казанской ТЭЦ-1. Карбонатный шлам является отходом тепловых электрических станций (ТЭС), который образуется в ходе водоподготовки на стадии предварительного очищения в результате процессов известкования и коагуляции природных вод [1].

Для изучения сорбционных свойств ГАСМ в газовой среде, которая очень близка по составу с природным газом, применялась разработанная на кафедре «Инженерная защита окружающей среды и производственная безопасность» Казанского государственного энергетического университета модельная установка с неподвижным слоем шлама [2].

В конструкцию был введен лабораторный адсорбер (рис. 1), в свойстве которого использовали реакционную колонку, созданную из

нержавеющей стали, что давало ей устойчивость к агрессивным средам. Подача, а также отведение газовой смеси выполнялась с помощью штуцеров 3,13. Подводящийся штуцер благодаря резьбовому соединению соединился с диффузным колпачком 10. Что позволяло равномерно распределять газ по слою ГАСМ 8, установленного на сетке 9, и препятствовало выносу частиц.

С целью нагрева колонки применялся термостат вместе с электронагревателем 6. Температура газовой среды составляла – 40°C.

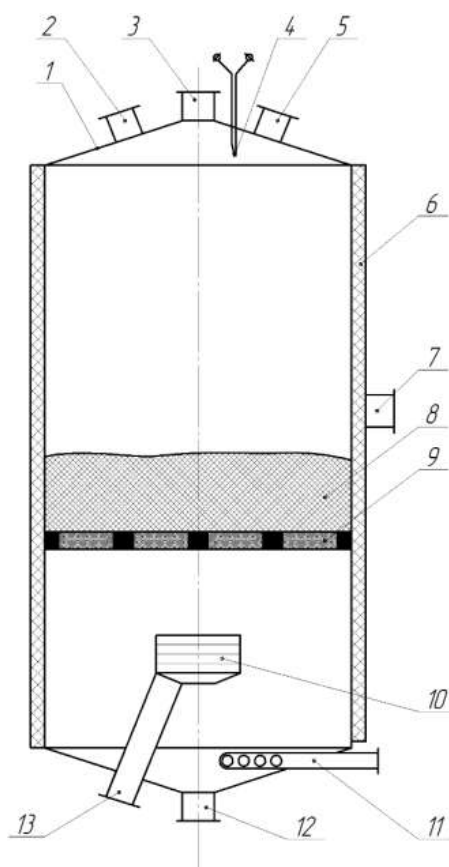


Рис. 1. Консервативная колонна вместе с неподвижным покровом ГАСМ. 1 – блок-корпус; 2 – патрубок отвода адсорбтива; 3 – патрубок отвода осушенного газа; 4 – гипертермопара; 5 – отверстие с целью загрузки сорбента; 6 – тепло электронагреватель; 7 – отверстие с целью выгрузки сорбента; 8 – прослойка ГАСМ; 9 – железная сеть вместе с отверстиями, диаметр которых менее 1 мм; 10 – диффузионный колпак, 11 – патрубок подхода сжатого воздуха; 12 – штуцер отвода конденсата; 13 – патрубок подхода смеси газов.

Этот адсорбер мы вносим в конструкцию осушки природного газа (рис. 2).

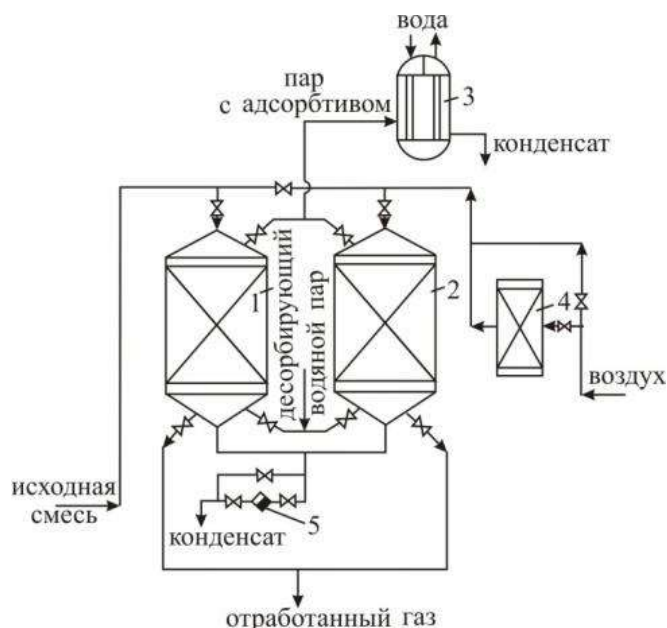


Рис. 2. Схема рекуперационной адсорбционной установки:

1, 2 – адсорберы; 3 – конденсатор водяного пара и паров десорбированного вещества; 4 – калорифер; 5 – конденсатоотводчик

Невзирая на цикличность работы аппаратов вместе с неподвижным слоем, адсорбционные конструкции работают непрерывно, в них содержат ряд адсорберов, при этом их количество определяется в соответствии с длительностью адсорбционно – десорбционного цикла.

Изначально осуществляется подача газовой смеси в адсорбер 1, заполненный исследованным гранулированным сорбентом. Только после того, как слой в адсорбере станет насыщенным 1, его переключают в стадию десорбции, а изначальную смесь направляют в адсорбер 2. Регенерация сорбента происходит резким динамическим водяным паром, который в свою очередь подается в нижнюю часть адсорбера. Испарения адсорбата в свою очередь уносит динамический пар в конденсатор 3. Конденсат адсорбата в смеси вместе с водой затем проходит на разделение. Сушку адсорбента осуществляют горячим воздухом, подаваемым в адсорбер посредством калорифера 4. Адсорбент остужают атмосферным воздухом, который подается по обводной линии [3].

Исследован процесс адсорбционной осушки природного газа исследованным гранулированным материалом на базе шлама химводоочистки Казанской ТЭЦ-1.

Предложена научно-технологическая модель рекуперационной адсорбционной установки осушки природного газа.

Источники

1. Гриценко А.М. Научные основы промышленной обработки углеводородного сырья. – М.: Недра, 1977, 239 с.
2. Николаева Л.А., Голубчиков М.А., Захарова С.В. Изучение сорбционных свойств шлама осветлителей при очистке сточных вод ТЭС от нефтепродуктов // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. 2012. № 9-10. С.86-91.
3. Лаптев А.Г., Конахин А.М., Минеев Н.Г. Теоретические основы и расчет аппаратов разделения гомогенных смесей. – Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2007, 426 с.

УДК 628.54

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД НА ТЭС ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ КАРБОНАТНЫМ ШЛАМОМ

В.С. Алексеева¹, Л.А. Николаева²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹vladaalekseeva2001@mail.ru, ²larisanik16@mail.ru

В статье рассмотрена адсорбционная очистка сточных вод на ТЭС от нефтепродуктов карбонатным шламом.

Ключевые слова: очистка сточных вод, карбонатный шлам, нефтепродукты.

PURIFICATION OF WASTEWATER AT TPP FROM PETROLEUM PRODUCTS WITH CARBONATE SLUDGE

V.S. Alexeeva¹, L.A. Nikolaeva²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

¹vladaalekseeva2001@mail.ru, ²larisanik16@mail.ru

The article considers the adsorption treatment of wastewater at thermal power plants from oil products with carbonate sludge.

Keywords: wastewater treatment, carbonate sludge, oil products.

В настоящее время одной из актуальных и серьёзных проблем для общества является очистка сточных вод от нефтепродуктов. Существует множество различных методов и материалов, применяемых в очистке

сточных вод от различного рода загрязнений, но одной из наиболее эффективных методик является адсорбционная очистка с применением карбонатного шлама [1]. Карбонатный шлам образуется на предприятии после прохождения химической водоподготовки природной воды в осветлителях. Процент влаги, содержащийся в карбонатном шламе, достигает 97–99%. Для его применения необходимо сначала осушить материал до влажности ниже 5% [2].

Для очистки сточных вод от нефтепродуктов необходимо использовать комплекс методов. Ниже изображена схема очистки вод, загрязненных нефтепродуктами [3].

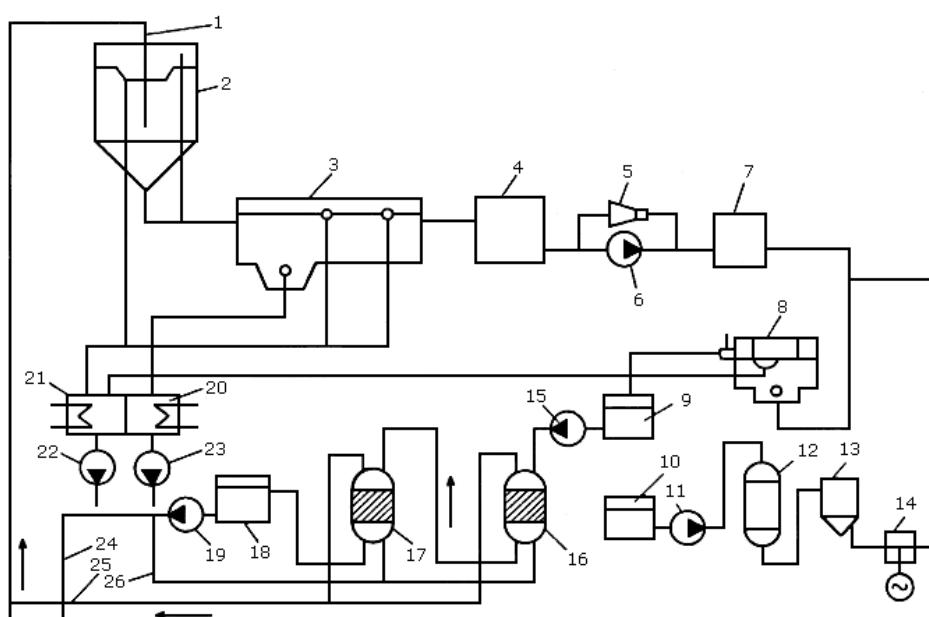


Схема очистки вод, загрязненных нефтепродуктами:

1 – трубопровод с водами, загрязненными мазутом и маслами; 2 – приемный бак-отстойник; 3 – нефтеловушка; 4 – промежуточный резервуар; 5 – эжектор насыщений воды воздухом; 6 – насос; 7 – напорный бак; 8 – флотатор; 9 – промежуточный резервуар; 10 – емкость с коагулянт; 11 – насос перекачки коагулянта; 12 – осветлительный фильтр коагулянта; 13 – бак-мерник коагулянта; 14 – насос для дозирования коагулянта; 15 – насос подачи воды; 16 – осветлительный фильтр; 17 – фильтр активированного угля; 18 – резервуар воды; 19 – насос воды; 20 – емкость сбора осадка; 21 – емкость сбора нефтепродуктов; 22 – насос подачи нефтепродуктов на сжигание; 23 – насос подачи осадка в накопители; 24 – трубопровод на повторное использование воды; 25 – трубопровод сбора вод фильтров; 26 – трубопровод промывки фильтрующих материалов

На рисунке представлена последовательная схема очистки воды от нефтепродуктов с применением фильтра, где в качестве загрузки применяется гидрофобный карбонатный шлам. Приведенная схема имеет ряд преимуществ над традиционными методами очистки сточных вод от нефтепродуктов, так как сочетает в себе несколько методов очистки, а также возможность дальнейшего сжигания уловленных нефтепродуктов. Таким образом, мы можем решить сразу две задачи: утилизировать шлам, который занимает огромные территории, и осуществить очистку сточных вод от нефтепродуктов адсорбционным способом при помощи гидрофобного карбонатного шлама.

Источники

- 1.Собгайда Н.А., Макарова Ю.А. Влияние природы связующего материала на сорбционные свойства сорбентов, изготовленных из отходов агропромышленного комплекса // Вестник Саратов. гос. техн. ун-та. 2011. № 1(52). С. 115–121.
2. Сучков В.П., Киушкин Э.В. Сульфатсодержащие вяжущие из шламов ТЭЦ и отходов серной кислоты // Строительные материалы. 2004. № 11. С. 14–16.
3. Николаева Л.А., Голубчиков М.А., Захарова С.В. Изучение сорбционных свойств шлама осветлителей при очистке сточных вод ТЭС от нефтепродуктов // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. 2012. №9-10. С.86-91.

УДК 62-784.4

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ВЫБРОСОВ ПРЕДПРИЯТИЯ ЗЕРНОПЕРЕРАБОТКИ

А.А. Алина

Науч. рук. канд.биол.наук, доцент Э.Р. Бариева

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

nastya99alina@gmail.com

В статье рассмотрена технологическая схема очистки выбросов на предприятии зернопереработки. Предложено техническое решение по повышению эффективности очистки выбросов зерноперерабатывающего предприятия.

Ключевые слова: зерновая пыль, циклон, зернопереработка, рукавной фильтр.

IMPROVEMENT OF THE EMISSION PURIFICATION SYSTEM OF THE GRAIN PROCESSING ENTERPRISE CLEANING EMISSIONS FROM A GRAIN PROCESSING PLANT

A.A. Alina

KSPEU, Kazan, Russia

nastya99alina@gmail.com

The article discusses the process of cleaning emissions at a grain processing plant, as well as methods to reduce the negative impact on the environment.

Keywords: grain dust, cyclone, grain processing, bag filter.

В процессе работы зерноперерабатывающего предприятия в атмосферный воздух попадает большое количество выбросов зерновой пыли. Технологический процесс обработки и хранения зерна на предприятии (рис. 1) включает в себя следующие стадии:

1. Прием зерна с автотранспорта и лабораторный анализ.
2. Сушка зерна при помощи зерносушилки С-30.
3. Уже высушенное и отсортированное зерно поступает по транспортерам на склады сухого зерна на хранение или отгружается покупателю [1].

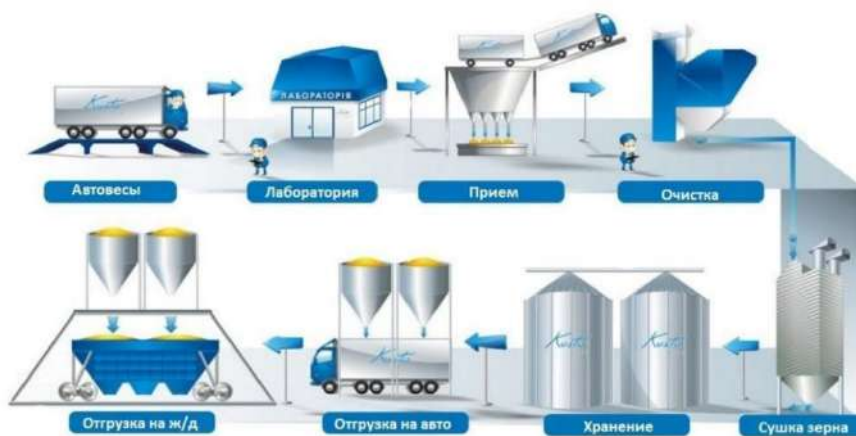


Рис. 1. Технологический процесс обработки зерна

Зерносушилка С – 30 представляет собой металлическую шахту с выносной топкой. Газовоздушная смесь по металлическим газоходам поступает к шахтам сушилок. Пройдя через шахты, обработанная газовоздушная смесь выбрасывается через патрубок в атмосферу. Во время

нагрева зерна в камере легкие примеси и пустые зерна уносятся потоком воздуха в циклоны, где происходит отделение их от воздуха. Запыленный газ попадает в цилиндрическую часть циклона, где приобретает вихревое движение, пыль отбрасывается к стенкам циклона, а затем ссыпается по конической части к разгрузочному отверстию (рис.2).

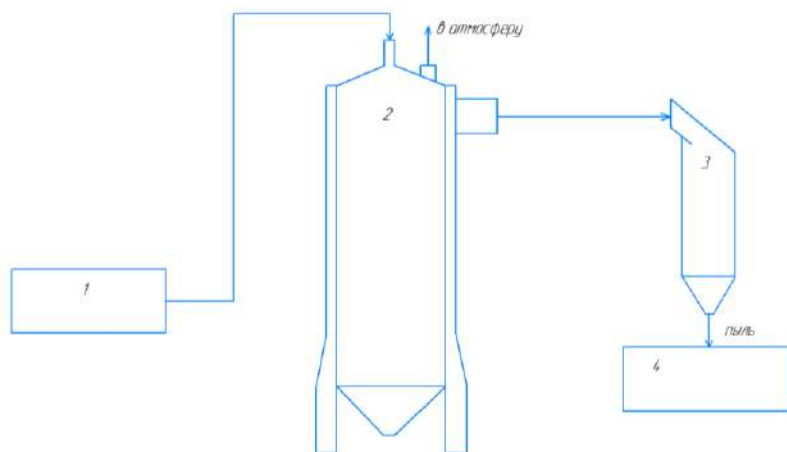


Рис. 2. Схема очистки воздуха: 1 – приемный бункер; 2 – зерносушилка С-30; 3 – циклон ЦОЛ – 9; 4 – накопительный бункер

Также, в процессе обработки зерна основными источниками образования зерновой пыли являются: транспортеры, нории, бункерные весы, сепараторы, приемные бункеры ж/д транспорта. Данные выбросы зерновой пыли являются неорганизованными из-за недостаточной герметичности оборудования.

Очищенный воздух отводится из циклона через патрубок в атмосферу. Эффективность очистки составляет 75%, что является недостаточным [2].

В целях наиболее качественной очистки выбросов на предприятии зернопереработки предлагается:

- внедрение рукавного фильтра в качестве второй ступени очистки выбросов. Рукавный фильтр является наиболее эффективным пылеуловителем, степень очистки воздуха достигает 99% [3];
- герметизация транспортных систем;
- установление аспирационной системы в зонах наибольшего запыления, над бункером приемки зерна.

Предложенные методы позволят предприятию увеличить эффективность очистки выбросов от пыли и снизить негативное воздействие на окружающую среду.

Источники

1. Алина А.А., Бариева Э.Р., Королёв А.Э., Хохлова И.В. Технология очистки воздуха на зерноперерабатывающем предприятии // Наука сегодня, актуальные проблемы и перспективы: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции, Москва, 31 октября 2022 года. – Москва: Индивидуальный предприниматель Туголуков Александр Валерьевич, 2022. – С. 227-229.

2. ГОСТ 33007-2014. Оборудование газоочистное и пылеулавливающее. Методы определения запыленности газовых потоков. Общие технические требования и методы контроля. Текст: утвержден и введен в действие Росстандартом: дата введения 2015-01-12. – URL: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293763/4293763270.htm> (дата обращения: 24.02.2023). – Текст: электронный.

3. Рукавные фильтры с импульсной продувкой [Электронный ресурс] – URL: <https://sibelkon.ru/produkcziya/pyileulavlivayushhee-oborudovanie/rukavnye-filtry/rukavnye-filtryi-s-impulsnoj-regeneracziej/> (дата обращения: 25.02.2023).

УДК 504.06

МИНИМИЗАЦИЯ ПЫЛЕГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

А.С. Анисимов

Науч. рук. канд. биол. наук, доцент Э.Р. Бариева, ст.преп. Е.В. Серазеева

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

aastiran@mail.ru

В статье рассмотрена технологическая схема процесса обогащения руды. Выявлено, что при транспортировании руды между этапами дробления и измельчения происходит выброс большого количества пыли. Предложено техническое решение по усовершенствованию системы газоочистки путем внедрения вытяжной вентиляции с использованием рукавного фильтра.

Ключевые слова: выбросы загрязняющих веществ, очистка, ленточный конвейер, транспортировка руды, улавливание пыли, рукавный фильтр.

MINIMIZATION OF DUST AND GAS EMISSIONS OF A MINING ENTERPRISE

A.S. Anisimov
KSPEU, Kazan, Russia
aastiran@mail.ru

The technological scheme of the ore dressing process is considered in the article. It was revealed that during the transportation of ore between the stages of crushing and grinding, a large amount of dust is released. A technical solution is proposed to improve the gas purification system by introducing exhaust ventilation using a bag filter.

Keywords: emissions of pollutants, cleaning, conveyor belt, ore transportation, dust capture, bag filter

При обогащении руды на обогатительных фабриках в процессе технологического цикла обогащения, транспортировки и складирования руды образуется большое количество пыли, которая приводит к загрязнению атмосферы. Рассмотрим подробнее технологический процесс обогащения руды на предприятии [1].

Обогащение руды можно разделить на 3 этапа:

- Основная флотация;
- Контрольная флотация;
- Перечистная флотация.

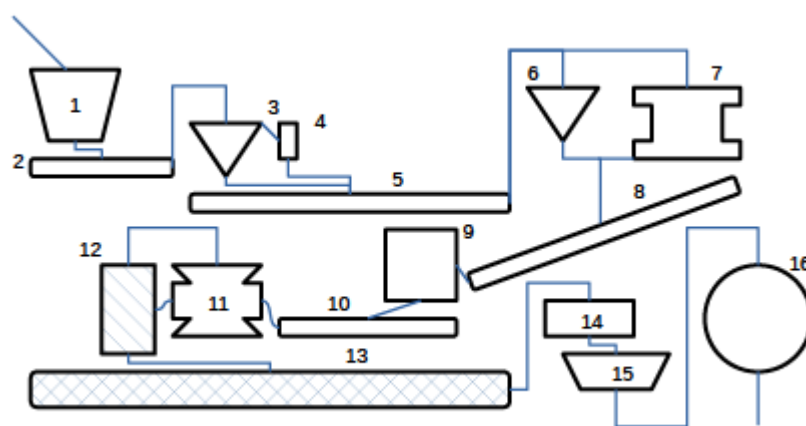
Основная флотация – первый этап обогащения в цикле, в результате которой выделяется черновой или грубый концентрат и хвосты.

Контрольная флотация – представляет собой обогащение хвостов после основного этапа с целью до извлечения из них ценных минералов. Результат данного этапа концентрат, представляющий собой промпродукт, который возвращается, как правило, в начало производственного цикла, а хвосты являются отвальными.

Перечистная флотация – повторное обогащение концентратов выделенных на этапе основной операции с целью повышения качества концентрата. Результатом перечистой флотации являются промпродукты (хвосты), которые возвращается также в основной этап [2].

Обогащение руды начинается с уменьшения размеров кусков руды. Руда с бункера (1) попадает на конвейер (2) где происходит ее разделение с помощью грохота (3) и щековой дробилки (4) на куски размером менее 75 мм и попадает на следующий конвейер (5). Далее идет повторный этап

дробления руды с помощью грохота (6) и конусной дробилки (7) с целью уменьшения размера кусков до 15мм. Следующим этапом будет подача дробленой руды из бункера (9) в спиральный классификатор (12) и мельницу (11) для определения черного концентрата и хвостов руды. Далее концентрат поступает в флотационную машину (13) и сгуститель (14) где повторно обогащается с целью повышения качества концентрата. Затем концентрат руды через вакуумный фильтр (15) попадает на сушильный барабан, где проходит сушку (16). В результате обогащения получается концентрат с более высоким содержанием ценного компонента, чем в исходной руде[3]. Технологическая схема представлена на рисунке.



Технологическая схема процесса обогащения руды

Проанализировав технологическую схему обогащения руды, можно отметить, что большое количество пыли будет образовываться при транспортировании руды между этапами дробления и измельчения исходной руды [4].

Внедрение в технологическую схему на конвейеры газоочистного оборудования с вытяжной вентиляцией позволит снизить образование пыли руды и уменьшить количество пылегазовых выбросов.

Источники

1. Добыча и обогащение руд цветных металлов. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. ИТС 23 – 2017. – М.: Бюро НДТ, 2017.- 336 с.
2. Методическое пособие по расчету выбросов от неорганизованных источников в промышленности строительных материалов. ЗАО «НИПИОТСТРОМ» Новороссийск, 2001 - 96 с.

3. Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, СПб., 2005.

4. Приказ Минприроды России от 6 июня 2017 года № 273 «Об утверждении методов расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе».

УДК 628.54

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Л.Р. Ахметшина¹, Р.Я. Исхакова²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹leysan110501@gmail.ru, ²imreginaiskh@gmail.com

В данной статье рассматривается технология очистки сточных вод и ее усовершенствование на предприятии энергетической отрасли.

Ключевые слова: сточная вода, энергетическая отрасль, усовершенствование технологии, активированный уголь, диатомит.

IMPROVEMENT OF WASTEWATER TREATMENT TECHNOLOGY IN THE ENERGY INDUSTRY

L.R. Akhmetshina¹, R.Ya. Iskhakova²

^{1,2} KSPEU, Kazan, Russia

¹leysan110501@gmail.ru, ²imreginaiskh@gmail.com

This article discusses the technology of wastewater treatment and its improvement at the enterprise of the energy industry.

Keywords: waste water, energy industry, technology improvement, activated carbon, diatomaceous earth.

Сточные воды — это воды, образующиеся при бытовом и промышленном использовании и подвергшиеся дополнительному загрязнению, изменившие свой первоначальный физико-химический и бактериологический состав. Сюда входят воды, стекающие с территории населенных пунктов и различных предприятий. Очистка сточных вод имеет множество эффективных способов. Они подразделяются на механические, химические, физико-химические и биологические. Каждый

метод применяется в разных случаях, в основном это зависит от степени загрязнения и количества примесей в воде.

Для того чтобы применить нужный метод для очистки нужно определить характер загрязнения и степень вредности примесей [1].

Основными источниками образования сточных вод теплоэнергетики являются котельные, турбинные цеха и т. д.

В состав комплекса очистных сооружений входят: нефтеловушки, дополнительный отстойник, два центробежных насоса 4 ФВ-5М, два флотоаппарата ЦНИИ МПС, два бака очищенной воды, три фильтра: механический двухкамерный, механический однокамерный и угольный (рис. 1) [2].

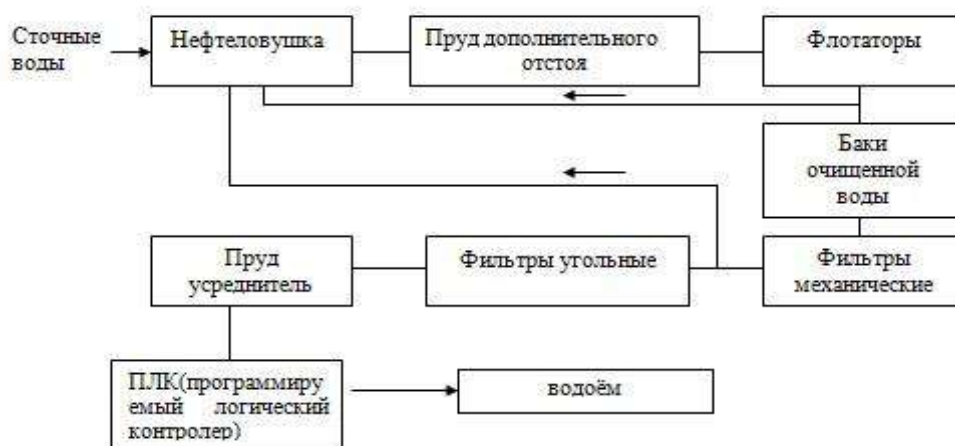


Рис. 1. Технологическая схема очистки сточных вод от нефтепродуктов

Для усовершенствования технологий необходимо произвести замену фильтрующего материала – активированного угля на фильтрующий материал нового поколения – диатомит (ОДМ-2Ф). Диатомит представляет собой осадочную горную породу, состоящую из остатков диатомовых водорослей и простейших.

Основным элементом очистных сооружений является фильтрующий слой и, чтобы перейти на использование диатомитового сорбента вместо традиционно применяемых песка, керамзита и активированного угля, не нужно перестраивать очистные сооружения – достаточно использовать новый материал вместо старого при смене нагрузки. Регенерация материала осуществляется обратной промывкой (аналогично традиционно используемым фильтрующим материалам). ОДМ-2Ф более эффективно удаляет загрязнения, чем фильтрующие материалы предыдущего

поколения, имеет увеличенную продолжительность использования благодаря высокой химической и механической стойкости [3].

По результатам расчета, диатомит по сравнению с активированным углем более экономически целесообразен и эффективен. Так как ожидаемая окупаемость диатомита составила 2 года 11 месяцев, а чистый ожидаемый экономический эффект составил 155330,92 руб.

Изучены методы очистки сточных вод энергетической промышленности.

Приведен вариант усовершенствования технологии, который выгоден с экономической и экологической точки зрения, так как уменьшаются затраты на эксплуатацию очистных сооружений и утилизацию фильтрующей загрузки, вследствие чего снижается негативное воздействие на окружающую среду.

Источники

1. Экология энергетики: Учеб. пособие/ под общей редакцией Путилова В.Я. М.: Издательство МЭИ, 2003.- 716 с.: ил.
2. Экология и безопасность: Учебник/ Акселевич В. И., Торгунакова Е. В., 2011. – 57 с.
3. Проектирование сооружений доочистки и дезинфекции сточных вод. Учебное пособие, 2013. 124 с.

УДК 621.311.25

УТИЛИЗАЦИЯ СОЛНЕЧНЫХ МОДУЛЕЙ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

А.Н. Богданова

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Ю.А. Аверьянова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

bogdaannovaa@gmail.com

В статье рассмотрена проблема утилизации солнечных модулей, её влияние на окружающую среду и жизнь человека. Также рассмотрены варианты решения данной проблемы; произведён обзор методов обращения других стран с отходами солнечной энергетики.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, солнечные панели, утилизация, переработка.

SOLAR MODULE RECYCLING AND THEIR IMPACT ON THE ENVIRONMENT AND HUMAN HEALTH

A.N. Bogdanova
KSPEU, Kazan, Russia
bogdaannovaa@gmail.com

The article considers the problem of utilization of solar modules, its impact on the environment and human life. Options for solving this problem are also considered; The methods of handling solar waste in other countries have been reviewed.

Keywords: renewable energy sources, solar panels, utilization, recycling.

Под влиянием различных факторов, таких как загрязнение окружающей среды, рост цен на углеводородные носители, в мире увеличивается количество введенных мощностей возобновляемой энергии, 90% из которых приходится на солнечные фотоэлектрические и ветряные станции [1]. Число новых солнечных электростанций может увеличиться в 5 раз в течение следующих 10 лет, достигнув общей мощности 2840 ГВт к 2030 году и 8500 ГВт к 2050 году [2]. Каждый материал имеет свой запас прочности и срок использования. Поэтому очень важно обратить внимание всего мира к вопросу утилизации отработавших PV (photovoltaic) модулей [3].

Согласно докладу IRENA и МЭА «End of Life Management: Solar Photovoltaic Panels», мировые отходы фотовольтаики составят 1,7-8 млн тонн к 2030 году и 60-78 млн тонн к 2050 году [4]. Без стратегии по утилизации солнечных модулей они будут сильно загрязнять окружающую среду и оказывать отравляющее действие на организм человека токсичными тяжёлыми металлами. Например, вдыхание частиц свинца и селена и их попадание в желудочно-кишечный тракт через загрязнённую пыль ведёт к поражению печени, лёгких, почек, истончению костных тканей, инвалидности, интеллектуальным расстройствам, а при накоплении ядовитых веществ в большом количестве – к смерти.

После окончания срока службы, солнечный модуль может быть отправлен на свалку в соответствии с обычными требованиями по обработке и утилизации отходов или использован с дальнейшей выгодой. Под ней подразумевается ремонт, извлечение компонентов, сохранивших работоспособность, перепродажа по более низкой цене или передача устройства нуждающимся.

Несмотря на снижение эффективности, уже использованные панели могут найти применение в волонтерской деятельности. Перепродажа на вторичном рынке позволит получить доступ к солнечным технологиям тем, кто иначе не смог бы себе этого позволить.

Кремний, свинец, алюминий и другие опасные полупроводниковые материалы могут быть утилизированы с помощью химических и механических процессов, переплавлены для переработки, проданы в качестве материала для производства новых PV-модулей и другой электронной продукции [5].

Некоторые мусороперерабатывающие заводы могут переработать PV модули, используя механический способ. После снятия алюминиевой рамы всё стекло, кремний и другие металлы измельчаются в смесь, называемую стеклосилом. Он применяется в производстве строительных материалов.

Сейчас наибольшее внимание утилизации солнечных панелей уделяет Европа. Директива об отходах электрического и электронного мусора (WEEE) регламентирует утилизацию продуктов работы СЭС. Российские производители солнечного оборудования говорят о слишком молодом PV-рынке. На данный момент у нас нет предприятий, которые специализируются на переработке и утилизации солнечных панелей.

Последующее развитие гелиоэнергетики несёт в себе не только положительные, но и отрицательные последствия. Такие как нагрев воздуха вследствие прохождения солнечного излучения через PV-модули, изменение почвенных условий и экосистемы отдельных территорий, загрязнение питьевой воды при длительной эксплуатации и очистки солнечных панелей [6].

Солнечная энергетика – молодая и перспективная отрасль, которая с каждым годом развивается всё больше и больше. Её достоинства неоспоримы, как и недостатки. Сегодня отходы солнечной энергетики представляют собой только небольшую часть электронного мусора, образующегося на планете в огромных количествах каждый год и негативно влияющего на здоровье людей. Первоочередная задача человека, касающаяся PV-модулей, состоит в их эффективном использовании, правильных методах утилизации после завершения эксплуатационного срока.

Источники

1.	End-of-life management:	Solar	Photovoltaic	Panels
	[Электронный ресурс].	Режим		доступа:

<https://www.irena.org/publications/2016/Jun/End-of-life-management-Solar-Photovoltaic-Panels> (дата обращения: 28.02.23).

2. Солнечная фотоэлектрическая станция [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://esfccompany.com/articles/solnechnaya-energetika/solnechnye-fotoelektricheskie-stantsii-novye-tehnologii-i-tendentsii-rynka/> (дата обращения: 28.02.23).

3. Савенко А.Е., Савенко П.С. Использование и совершенствование автоматических систем для управления рассредоточенными источниками электроэнергии в локальных электрических системах. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. № 24(4). С.105-115. <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2022-24-4-105-115>

4. Москаленко Н.И., Ахметшин А.Р., Сафиуллина Я.С., Додов И.Р., Хамидуллина М.С. Численное моделирование воздействий метеосостояния атмосферы на эффективность функционирования солнечных тепловых и электрических станций // Вестник КГЭУ. 2021. Т. 23. № 5. С. 86-99. doi:10.30724/1998-9903-2021-23-5-86-99

5. Утилизация солнечных панелей [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.solarhome.ru/basics/solar/pv/pv-recycling.htm> (дата обращения: 03.03.23).

6. Опасность солнечных батарей [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ecoplanet777.com/opasnost-solnechnyh-batarej/?ysclid=levqalvbe4438577594> (дата обращения: 05.03.23).

УДК 628.35

СПОСОБЫ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ ФОСФОГИПСА

А.М. Васильева¹, Л.А. Николаева²

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹munipovna@list.ru, ²larisanik16@mail.ru

В данной статье рассмотрены способы утилизации фосфогипса, образующегося в качестве побочного продукта получаемого при производстве удобрений, в различных отраслях промышленности.

Ключевые слова: фосфогипс, отходы, сельская промышленность, утилизация, экология, безопасность.

METHODS OF DISPOSAL OF PHOSPHOGYPSUM WASTE

A.M. Vasilyeva¹, L.A.Nikolaeva²

^{1,2}KSPEU, Kazan

¹munipovna@list.ru , ²larisanik16@mail.ru

This article discusses the methods of utilization of phosphogypsum formed in the quality of dairy products obtained by the production of fertilizers, regardless of the oil industry.

Keywords: phosphogypsum, waste, rural industry, recycling, ecology, safety.

На сегодняшний день производственные отходы на территории РФ составляет порядка 80 млрд.т. Тем самым, 140 млн.т приходится на отвалы фосфогипса, учитывая, что вторичное применение составляет всего лишь 0,2 %. В фосфогипсе содержатся порядка 95 % дигидрата сульфата кальция, около 3-4 % фосфорных соединений и 1,5 % приходятся на тяжелые металлы и микро элементы. Относится к IV классу опасности – эффективно утилизируется с получением продукта V класса опасности, который может найти применение в качестве фосфорсодержащего удобрения.

Задача о дальнейшем использовании фосфогипса для предприятий сектора производства минеральных удобрений стоит достаточно остро, так как каждый год повышается площадь занимаемым отвалами фосфогипса и их токсичность (при внесении их в почву образуются малорастворимые соединения с тяжелыми элементами) [1].

Наиболее актуальным на сегодняшний день является применение фосфогипса в агропромышленном и строительном областях. Это объясняется, тем что в фосфогипсе большой процент сульфата кальция. Использование фосфогипса в строительной промышленности, а именно при производстве строительных материалов весьма популярна.

Из фосфогипса строительный гипс синтезируют в результате процесса дегидратации. Так как гипс является основным продуктом переработки фосфогипса, его применяют в качестве сырья при изготовлении низкообжиговых и высокообжиговых гипсовых вяжущих.

На сегодняшний день фосфогипс в аграрной промышленности применяют как основное сырье химической мелиорации, то есть при гипсовании почв. Его компоненты, обладающие кислотной природой, обеспечивая нейтрализацию солонцовых почв, что способствует восстановлению рН баланса почвы. Далее гипсовые вяжущие применяются при получении стройматериалов.

Благодаря содержанию в фосфогипсе кальция и фосфора, они

хорошо впитываются в почву, тем самым способствуя повышенной усвояемости различными растениями и дают хороший урожай. В связи с тем, что кальций легко вытесняет натрий из почвы обеспечивается нормализация водопроницаемости и понижение клейкости.

Также один из примитивных способов устранения фосфогипса считается применение его при строительстве и ремонте дорожных полотен. Горячий технический гипс расстилают на место, где в дальнейшем будет дорожное полотно, далее под прессом образуется слой высотой 35 см, затем полотну дают остыть, ну а результатом всего этого процесса является образование монолитной плиты, которая по прочностным характеристикам не уступает бетону. Для повышения адгезионных свойств сверху укладывают асфальтовую крошку [2,3].

Фосфор и кальций, которые входят в состав фосфогипса, поглощаясь почвой и осваиваясь растениями, повышают урожайность сельскохозяйственных культур. Благодаря тому, что кальций вытесняет из почвы большое количество натрия наблюдается снижение клейкости и нормализуется водонепроницаемость почвы.

Фосфогипс в цементной отрасли используют в качестве хорошего минерализирующегося вещества при обжиге клинкера, а также в виде добавки для лучшего проникновения цемента. При добавлении фосфогипса в шлам на 3-4 % увеличивается показатель насыщения клинкера с 0,89-0,9 до 0,94-0,96 [4].

Таким образом, дальнейшее применение отходов фосфогипса обширно. Однако, при дальнейшем использовании его отходов следует помнить, что основная задача это сохранение экологического потенциала и улучшения состояния окружающей среды.

Источники

1. Иваницкий В.В. Фосфогипс и его использование / В.В.Иваницкий, П.В.Классен, А.Д. Новиков. М.: Химки, 1990. С. 224.

2. Современные методы повышения энергетической эффективности асфальтобетонных заводов / С.И. Бахур, А.А. Капански С.И. // Вестник КГЭУ. 2021. Т. 13. №3 (51). С.48-61.

3. Использование фосфогипса в дорожном строительстве / В. С. Исаев // Автомобильные дороги. 1987. №1. С. 9–10.

4. Тимербаев Н.Ф., Сафин Р.Г., Зиатдинова Д.Ф., Степанова О.Т. Конвективная сушка дисперсных материалов перед термохимическим процессом переработки // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2019. Т 21. №5. С. 29-37.

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО АДсорбЕНТА ДЛЯ РЕГЕНЕРАЦИИ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА

Д.И. Гайфуллина

Науч. рук.ст.преп. В.Е. Дылевский

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г.Казань

gaif.diana@yandex.ru

В статье рассмотрены вопросы выбора адсорбента для регенерации трансформаторного масла. Предложены разные варианты адсорбентов, оценены факторы, влияющие на выбор адсорбента, включая химический состав масла и экономические факторы и другие. В заключении даны рекомендации по выбору адсорбента.

Ключевые слова: адсорбенты, регенерация, трансформаторное масло, выбор, эффективность, химический состав, экономические факторы

SELECTION OF THE OPTIMUM ADSORBENT FOR TRANSFORMER OIL REGENERATION

D.I. Gayfullina

KSPEU, Kazan, Russia

gaif.diana@yandex.ru

The article discusses the issues of choosing an adsorbent for transformer oil regeneration. Different variants of adsorbents are proposed, factors influencing the choice of adsorbent are evaluated, including the chemical composition of the oil and economic factors, and others. In conclusion, recommendations on the choice of adsorbent are given.

Keywords: adsorbents, regeneration, transformer oil, choice, efficiency, chemical composition, economic factors

Трансформаторное масло—это ключевой элемент в работе электрических трансформаторов, где оно выполняет функции охлаждения, изоляции и защиты. Однако со временем масло загрязняется различными примесями, такими как вода, газы, кислород, соли металлов и другие вещества, что может привести к снижению эффективности работы трансформатора и его быстрому износу.

Для регенерации трансформаторного масла используются различные методы, включая физические, химические и электрохимические методы. Одним из самых распространенных методов является использование адсорбентов - материалов, способных удалять загрязнения из масла путем адсорбции на своей поверхности [1].

Существует множество различных типов адсорбентов, используемых для регенерации трансформаторного масла. Каждый тип адсорбента имеет свои уникальные свойства и особенности, которые могут повлиять на его эффективность при очистке масла.

1. Кремнеземный гель—это один из наиболее распространенных адсорбентов. Он обладает высокой поверхностной активностью и эффективно удаляет кислород и воду из масла.

2. Активированный глинозем—это адсорбент, который обычно используется для устранения солей металлов из трансформаторного масла. Он обладает высокой поверхностной активностью и способен удалять загрязнения из масла путем ионного обмена.

3. Молекулярные сита — это адсорбенты, которые обычно используются для удаления газов и воды из трансформаторного масла. Они имеют очень маленькие поры, которые позволяют им селективно адсорбировать молекулы определенного размера [2].

Каждый тип адсорбента имеет свои преимущества и недостатки, и выбор оптимального адсорбента зависит от конкретной ситуации и условий эксплуатации. При выборе адсорбента необходимо учитывать химический состав масла, требования к чистоте масла и экономические факторы.

Существует множество исследований, направленных на оценку эффективности различных типов адсорбентов при регенерации трансформаторного масла. Результаты этих исследований позволяют определить наиболее эффективные адсорбенты для конкретных целей очистки масла.

Одним из таких исследований является работа, проведенная исследователями из Китая, которые сравнивали эффективность кремнеземного геля, активированного глинозема и молекулярных сит в удалении воды из трансформаторного масла. Результаты исследования показали, что кремнеземный гель имел наибольшую эффективность в удалении воды из масла, в то время как активированный глинозем и молекулярные сита имели более низкую эффективность [3].

Выбор оптимального адсорбента для регенерации трансформаторного масла зависит от нескольких факторов, включая

химический состав масла, технические требования и экономические факторы.

Один из ключевых факторов – это химический состав масла. Например, для масел, содержащих большое количество воды, кремнеземный гель может быть оптимальным выбором адсорбента. В то время как для масел, содержащих большое количество органических загрязнений, активированный уголь может быть более эффективным [4].

Технические требования также могут оказать влияние на выбор адсорбента. Например, если требуется очистка масла на высоких температурах, то адсорбент должен быть стабилен при этих условиях. Кроме того, такие факторы, как время контакта масла с адсорбентом и интенсивность процесса очистки, также должны быть учтены при выборе оптимального адсорбента.

Экономические факторы также могут быть важны. Некоторые адсорбенты могут быть более дорогими в использовании, чем другие. Кроме того, стоимость доставки и обработки отработанного адсорбента также должна быть учтена при выборе оптимального адсорбента [5].

В целом, выбор оптимального адсорбента для регенерации трансформаторного масла должен учитывать все вышеперечисленные факторы, а также другие индивидуальные особенности каждой конкретной ситуации.

В заключение, выбор оптимального адсорбента для регенерации трансформаторного масла является важным фактором, который может оказать значительное влияние на эффективность процесса регенерации. Важно учитывать химический состав масла, технические требования и экономические факторы при выборе адсорбента.

Источники

1. Гуляев А.А., Коновалова А.Н., Казакова Е.В. (2018). Сравнительный анализ эффективности адсорбентов при регенерации трансформаторного масла // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит, 2018, № 3, с. 31-38.

2. Левин Ю.Г., Шустер Л.С. Методы очистки трансформаторных масел от загрязнений и продление срока их службы. // Электротехнические комплексы и системы, 2019, № 2, с. 6-17.

3. Дорофеев Г.А., Потехина А.С. Исследование эффективности активированного угля при регенерации трансформаторного масла // Вестник НГТУ. 2019, № 5, с. 63-67.

4. Калинин Ю.Н., Руднева Е.В. (2018). Регенерация трансформаторных масел на основе кремнеземного геля // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики, 2018, №4(114), с. 112-117.

5. Кокарев А.Б., Старцев А.А. (2017). Анализ современных методов очистки и регенерации трансформаторного масла // Молодой ученый, 2017, № 50, 16-19.

УДК 628.3.034.2

ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ВОДНЫХ СЛОЕВ НАКОПИТЕЛЕЙ ХИМИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

К.И. Гильмуллина

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор Л.А. Николаева

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

kari.gilmullina@yandex.ru

В настоящее время ликвидация шламонакопителей на химических и нефтехимических предприятиях становится актуальной задачей. Примерно 3/4 объема этих накопителей содержат водные слои, которые образуются из-за сброса оставшейся обрабатываемой воды и шлама, за счет сезонных осадков. В статье предложена технологическая схема очистки водных слоев накопителей химических отходов.

Ключевые слова: примеси, очистка, сточные воды, нефтехимические примеси.

TECHNOLOGY OF PURIFICATION OF WATER LAYERS OF CHEMICAL WASTE STORAGE

K.I. Gilmullina

KSPEU, Kazan, Russia

kari.gilmullina@yandex.ru

Currently, the elimination of sludge accumulators at chemical and petrochemical enterprises is becoming an urgent task. Approximately 3/4 of the volume of these accumulators contain water layers, which are formed due to the discharge of the remaining treated water and sludge, due to seasonal precipitation. The article proposes a technological scheme for cleaning the water layers of chemical waste storage.

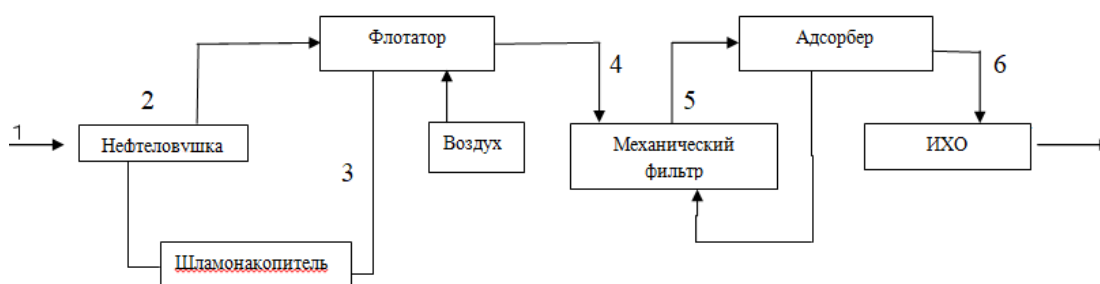
Keywords: impurities, purification, wastewater, petrochemical impurities.

Актуальность темы заключается в том, что основными методами борьбы с загрязнением окружающей среды является разработка новых технологических решений и совершенствование существующих методик производства. Из-за значительного количества образуемых отходов предприятия должны проводить мониторинг в пределах их воздействия на окружающую среду в целях предотвращения негативных изменений [2].

Существуют отходы, которые непригодны для повторного использования и переработки, поэтому их сжигают, либо прибегают к захоронению на полигонах [3].

На химическом предприятии сточные воды содержат большое количество органических веществ, а также нефтепродукты. Поэтому качественная очистка сточных вод снижает антропогенное воздействие предприятий на окружающую среду [1].

Определенный объем этих сточных вод поступает со шламом в шламонакопитель. Поэтому разработка технологии их локальной очистки является перспективным направлением. В лабораторных условиях проведен эксперимент, в котором была представлена имитация аппаратов по предлагаемой технологической схеме очистки (см. рисунок).



Технологическая схема очистки водных слоев накопителя химических отходов сточных вод: 1 – загрязненная вода, 2 – вода направляется во флотатор, 3 – шлам направляется в шламонакопитель, 4 – вода направляется в механический фильтр (загрузка Антрацитом), 5 – очищенная вода направляется в адсорбер (загрузка АГ-3), 6 – очищенная вода отправляется на ИХО (загрузка КУ-2, АВ-17), 7 – обессоленная вода, соответствующая показателям ПДК р/х

Определены показатели качества водных проб по стадиям обработки, которые представлены в таблице.

Показатели концентраций примесей водных слоев накопителей химических отходов по стадиям обработки

№	Показатели	Исходная вода (смешанный сток)	Концентрация примесей после нефтеловушки, мг/дм ³	Концентрация примесей после коагуляторов, мг/дм ³	Концентрация примесей после механического фильтра, мг/дм ³	Концентрация после адсорбционного фильтра, мг/дм ³	Концентрация примесей после ИХО, мг/дм ³	ПДК р.х. примесей, мг/дм ³
1	рН	5,69 2	5,692	5,7	6,511	6,978	6,007	8,0*
2	СаI ³⁺ , мг/дм ³	2,7	2,7	0,98	0,98	0,14	0,01	0,04
3	БПК полн, мг О ₂ /дм ³	2,74	2,74	1,27	1,26	1,26	1,26	3
4	С _{ВЗВ} , мг/дм ³	192	192	0,9	0,021	отс.	отс.	**
5	С _{Fe⁴⁺} общ, мг/дм ³	6,2	6,2	3,7	3,7	0,58	0,06	0,1
6	С _{Mn³⁺} , мг/дм ³	5,8	5,8	2,3	2,3	0,3	0,001	0,01
7	С _{Cu²⁺} , мг/дм ³	0,18	0,18	0,1	0,1	0,02	0,001	0,00 1
8	С _{НФ} , мг/дм ³	48,6	12,19	3,47	3,29	0,18	0,02	0,05
9	С _{SO₄²⁻} , мг/дм ³	198	198	43,75	43,75	39,7	3,78	100
10	Формальдегид мг/дм ³	0,29	0,29	0,07	0,06	0,04	отс.	0,05

Таким образом, представленная технология очистки позволяет достигать концентрации соответствующих примесей до значений, не превышающих предельно допустимые концентрации воды водных объектов рыбохозяйственного значения.

Источники

1. Королев В.И., Зверева Э.Р. Российский опыт применения отходов химводоподготовки в хозяйственной деятельности: перспективы использования при обработке осадков сточных вод // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. URL: <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2022-24-6-47-62> (дата обращения: 24.02.2023).
2. Ефремов А.А., Дудолин А.Н. Анализ зарубежного опыта в части построения энергетической структуры ТЭС на твердых коммунальных отходах // Вестник КГЭУ. 2021 №2(50). С. 3-14.
3. Айкенова Н.Е., Николаева Л.А. Очистка промышленных сточных вод от фенолов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2019. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41240167> (дата обращения : 21.02.2023).

УДК 631.86

ВЛИЯНИЕ ХИТОЗАНОВ РАЗЛИЧНОЙ МОЛЕКУЛЯРНОЙ МАССЫ НА ПРОРАСТАНИЕ СЕМЯН ГОРОХА

Д.Э. Ибатуллина¹, А.М. Зиновьева²,

Е.В. Боброва³, С.И. Байгубаков⁴

Науч. рук. канд. хим. наук, доцент М.Н. Котляр

¹ ФГБОУ ВО «КГЭУ», г.Казань

² МБОУ Средняя общеобразовательная школа 89, г. Казань

³ МАОУ Лицей № 146 Ресурс, г.Казань

⁴ МБОУ Гимназия 179, г.Казань

¹ibatullinadiana14@gmail.com, ²altimber948@gmail.com,

³katabobrova27@gmail.com, ⁴sbaygubakov2018@litsey2.ru

В данной статье рассмотрены способы применения хитозана и ферментативного гидролизата хитозана в сельскохозяйственной отрасли, а также проведен сравнительный анализ.

Ключевые слова: гидролизат хитозана, стимуляторы, семена, экология, безопасность, горох.

USE OF CHITOSAN HYDROLYSATE IN AGRICULTURE

D.E. Ibatullina¹, A.M. Zinovieva²,

E.V. Bobrova³, S.I. Baigubakov⁴,

¹KSPEU, Kazan, Russia

²MBOU Secondary General Education School 89, Kazan, Russia

³Lyceum № 146 Resurs, Kazan, Russia

⁴MBOU Gymnasium 179, Kazan, Russia

¹ibatullinadiana14@gmail.com, ²altimber948@gmail.com,

³katabobrova27@gmail.com, ⁴sbaygubakov2018@litsey2.ru

This article discusses the ways of using chitosan and enzymatic chitosan hydrolysate in the agricultural industry.

Keywords: chitosan hydrolysate, stimulants, seeds, ecology, safety, peas.

Широкое распространение химических средств защиты и удобрений растений приводит к глобальным нарушениям экологии окружающей среды, а это в свою очередь негативно влияет на плодородие и качество почв, а значит и на здоровье человечества. Исходя из этого поиск действенных, но в тоже время безопасных биоудобрений и биостимуляторов роста является актуальной задачей в современном мире. Хитозан является биобактерицидом и биовируцидом, а значит обеспечивает защиту культуры от патогенных микроорганизмов, а также поддерживает иммунную систему растений в неблагоприятных условиях окружающей среды. [1, 2]. Эффективность применения хитозана на семена растений зависит от его свойств - молекулярной массы, наличия примесей и скорости метаболизма [3, 4]. Из литературы следует, что эффективность хитозана возрастает с уменьшением его молекулярной массы. [1, 2, 3, 4]

В исследовании использовались два биостимулятора: хитозан и ферментативный гидролизат хитозана в различных концентрациях. Взятый гидролизат хитозана был получен в результате обработки высокомолекулярного хитозана ферментом «Целлолюкс А», представляет собой смесь низкомолекулярных фракций хитозана. Исследование проводилось на семенах гороха. Исследуемые семена гороха были обработаны растворами хитозана и гидролизата хитозана при содержании добавок в концентрации от 0,2-1,0. Проращивание семян гороха проводили в нормальных условиях при температуре от 8-20 градусов, в течение 3 суток в стерилизованных чашах Петри на фильтровальной

бумаге. Данные фиксировались на 3 и 6 сутки, отмечались всхожие, невсхожие и проросшие образцы, а также длина корешков. Результат оценивали по ряду показателей: прораствание и всхожесть семян.

К всхожим семенам относят нормально проросшие семена.

К ним невсхожим относят:

- загнившие семена с мягким эндоспермом, с загнившим или почерневшим зародышем, с загнившими корнями;
- семена, которые остались не набухшими и не изменили внешнего вида;

А также ненормально проросшие семена: с уродливыми корнями или ростками; у которых при наличии ростка отсутствуют корни или со вздутиями и ко времени подсчета всхожести не развившие дополнительных корней; проростки, корни или ростки семян имеют трещины и перехваты, достигающие проводящие ткани, проростки семян имеют ненормально увеличенные семядоли и укороченные корни [5].

К непроросшим семенам относят:

- набухшие семена, которые еще не проросли, но имеют здоровый вид и при нажиме пинцетом не раздавливаются;
- семена, у которых выдавливаются здоровые семядоли;
- семена, которые к сроку определения всхожести не набухли и не изменили внешнего вида. Результаты исследований приведены в таблицах 1, 2.

Таблица 1

Влияние высокомолекулярного хитозана на прораствание семян гороха

Концентрация препарата, % (Высокомолекулярный хитозан)	Количество семян, шт.			
	Всего	Всхожие	Невсхожие	Проросшие
0	60	51	9	50
0.2	60	54	2	4
0.4	60	57	2	1
0.6	60	51	2	7
0.8	60	57	1	2
1.0	60	56	2	2

Таблица 2

Влияние гидролизата хитозана на прорастание семян гороха

Концентрация добавки, % (Гидролизат хитозана)	Количество семян, шт.			
	Всего	Всхожие	Невсхожие	Проросшие
0	60	51	9	50
0.2	60	55	3	53
0.4	60	52	5	55
0.6	60	54	4	52
0.8	60	56	1	55
1.0	60	56	2	56

Как видно из представленных данных, предобработка семян растворами хитозана с различной молекулярной массой во всех используемых концентрациях увеличивает всхожесть и прорастание семян на 5-11 %.

Таким образом, показано, что хитозан является эффективным и безопасным стимулятором роста растений.

Источники

1. Трусов В.И., Новичихин А.М., Гармашов В.М., Филатова И.А., Велибекова Е.И., Пискарева Л.А., Чевердин Ю.И. Технологии возделывания гороха в Воронежской области / Каменная Степь, 2019 – 28 с.
2. Котляр М.Н. Методы выделения и модификация хитин-глюканового комплекса из биомасс *Aspergillusniger*: автореф. дис. к.т.н. Казань, 2001.
3. Абдуллаев Ф.Т., Холмирзаев И.Х., Нематов Н.А., Жамолова Л.Ю., Роль хитозана и его производных в агропромышленном комплексе. Монография: Москва: Интернаука. 2020. С. 132.
4. Способ получения низкомолекулярного хитозана для противолучевых препаратов: пат. 2188829, Рос. Федерация № 2000131566/04; заявл. 18.12.2000, опубл.10.09.2002.
5. Боме Н.А., Королёв К.П., Петрова А.А., Боме А.Я. Современные технологии изучения и сохранения генетических ресурсов. Биологические свойства семян и устойчивость растений к стресс-факторам. Учебно-методическое. Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2017. 48 с.

ОЦЕНКА ВЫБРОСОВ ПРИ СЖИГАНИИ ПРИРОДНОГО И ГЕНЕРАТОРНОГО ГАЗОВ

А.Р. Ибрагимова

Науч. рук.д-р техн. наук, профессор А.В. Демин

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

ibragimovaaigulrpn@yandex.ru

В статье представлены результаты качественной и количественной оценки выбросов загрязняющих веществ при использовании в качестве топлива природного газа и продуктов паровой газификации, получаемых из биомассы. Для прогнозирования выбросов использовались математические модели, основанные на равновесном подходе для процессов газификации, и на кинетическом подходе для процессов сжигания топлива.

Ключевые слова: биомасса, газификация, генераторный газ, природный газ, горение, парниковые газы.

EVALUATION OF EMISSIONS FROM THE COMBUSTION OF NATURAL AND GENERATOR GASES

A.R. Ibragimova

KSPEU, Kazan, Russia

ibragimovaaigulrpn@yandex.ru

The article presents the results of a qualitative and quantitative assessment of pollutant emissions when natural gas and steam gasification products obtained from biomass are used as fuel. Emissions were predicted using mathematical models based on the equilibrium approach for gasification processes and on the kinetic approach for fuel combustion processes.

Keywords: biomass, gasification, generator gas, natural gas, combustion, greenhouse gases.

Создание условий для устойчивого и сбалансированного развития экономики Российской Федерации при снижении уровня выбросов парниковых газов является актуальной задачей. При сжигании топлива для получения тепловой и электрической энергии основным парниковым газом является CO_2 . С точки зрения выбросов парниковых газов растительная

биомасса, представляющая собой отходы, образующиеся при производстве сельскохозяйственной продукции (травянистая масса, солома зерновых культур и др.), рассматривается как нейтральный энергетический ресурс.

При выполнении расчетов процессов газификации принято допущение, что условная биомасса с заданной влажностью 8 масс. % имеет органическую и минеральную составляющие. На основании анализа известных данных [1] был принят следующий состав органической части биомассы, масс. %: C – 51,706; H – 5,253; N – 1,034; S – 0,124; O – 41,882.

В составе минеральной части (3 масс. %) биомассы учитывалось наличие калия, кальция, кремния, магния. Соответственно зольный остаток включал K_2O , CaO , SiO_2 , MgO .

При прогнозировании состава генераторного газа моделировались условия, характерные для паровой газификации при внешнем подводе тепловой энергии, с применением метода расчета термодинамического и химического равновесия [2]. Для газификации 1 кг исходной биомассы расход водяного пара составлял 0,278 кг, что соответствовало значению суммарной влажности исходного сырья 28 масс. %. Температура газификации $T = 1050$ К.

Прогнозируемый состав генераторного газа в сухом обеззоленном состоянии, об. %: CO – 44,7; H_2 – 49,5; CH_4 – 1,37; CO_2 – 3,903; N_2 – 0,42. Расчетное значение низшей теплоты сгорания $Q_{гг} = 16,5$ МДж/кг.

Принятый состав природного газа, об. %: CH_4 – 93,733; C_2H_6 – 3,844; C_3H_8 – 1,181; C_4H_{10} – 0,354; CO_2 – 0,312; N_2 – 0,575. Расчетное значение низшей теплоты сгорания $Q_{пг} = 48,8$ МДж/кг.

Для расчета основных физико-химических показателей продуктов сгорания генераторного и природного газов в смеси с воздухом использовалась кинетическая модель, основой которой являются уравнения изменения концентраций компонентов газовой смеси, учитывающие как химическое взаимодействие, так и процессы массообмена между различными реакционными зонами в общем объеме топочного устройства. Механизм химических реакций для реагирующей многокомпонентной газовой смеси, состоящей из исходных реагентов, промежуточных и конечных продуктов сгорания, формировался с использованием базы данных [3].

Расчеты выполнялись на примере водогрейного водотрубного котла с горизонтальной цилиндрической топкой, оснащенного блочной смесительной горелкой. Номинальная теплопроизводительность котла 0,5 МВт. Объем топки 0,49 м³. Максимальный расход генераторного газа 0,034 кг/с. Коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1,2$. Расчетные значения

удельных выбросов в пересчете на тонну условного топлива приведены в таблице.

Удельные выбросы загрязняющих веществ и диоксида углерода

Вещество	Массовый выброс вещества, кг/т у. т.	
	Природный газ	Генераторный газ
NO _x	7,588	4,604
CO	1,728	3,012
CO ₂	1393,3	2489,8

Современные технологии сжигания горючих газов позволяют минимизировать эмиссию CO и оксидов азота за счет эффективной организации процессов смесеобразования и горения. Однако при использовании в качестве топлива генераторного газа прогнозируется существенное увеличение выбросов CO₂, по сравнению с выбросами CO₂ при сжигании природного газа. Основной причиной такого эффекта является то, что для достижения заданной тепловой мощности требуется повышенный расход генераторного газа, обусловленный его меньшими значениями теплоты сгорания. Выбросы CO₂ при сжигании растительной биомассы можно считать нулевыми при условии, что CO₂, поступивший в атмосферный воздух, будет вновь поглощен из атмосферы растениями в процессе фотосинтеза.

Источники

1. Puig-Arnavat M. Review and analysis of biomass gasification models / M. Puig-Arnavat, J.C. Bruno, A. Coronas. – Direct text // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – Vol. 14. – 2010. – P. 2841-2851.
2. Демин А.В., Демина Г.В. Экологические характеристики термической утилизации отходов с внешним и внутренним подводом тепловой энергии // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24. № 6. С. 143-152. doi:10.30724/1998-9903-2022-24-6-143-152.
3. NIST Chemical Kinetics Database / J.A. Manion, R.E. Huie, R. D. Levin et al. // NIST Standard Reference Database 17, Version 7.0 (Web Version), Release 1.6.8, Data version 2022. – URL : <http://kinetics.nist.gov/> (date of the application 10.02.2023).

ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА ОТ ЗЕРНОВОЙ ПЫЛИ В КРАХМАЛО-ПАТОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

А.С. Истомина

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Р.Ф. Шакуров

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

alenko.11@mail.ru

В данной статье рассматривается технология очистки воздуха от зерновой пыли, выделяющейся в атмосферу в крахмало-паточном производстве.

Ключевые слова: защита окружающей среды, очистка, крахмало-паточное производство, зерновая пыль, пылеулавливающее оборудование.

TECHNOLOGY OF AIR PURIFICATION FROM GRAIN DUST INSTARCH AND TREACLE PRODUCTION

A.S. Istomina

KSPEU, Kazan, Russia

alenko.11@mail.ru

This article discusses the technology of air purification from grain dust released into the atmosphere in starch-treacle production.

Keywords: environmental protection, cleaning, starch-treacle production, grain dust, dust collecting equipment.

Крахмало-паточное производство является одним из отраслей пищевой индустрии, занимающаяся выращиванием зерновых культур, выработкой крахмала и переработкой его в патоку, глюкозу, декстрины, а также искусственное саго. Является одним из источников воздействия загрязняющих веществ на атмосферу и здоровье человека [1].

При прохождении всех технологических процессов обработки зерна, происходит образование отходов, содержащих зерновую (органическую) пыль, достигающую 26 % массы сырья и выброс её в атмосферный воздух, загрязняя приземный слой промышленной площадки и прилегающей территории. Это приводит к экологическим и экономическим проблемам. Поэтому, очистка воздуха от выбросов зерновой пыли в крахмало-паточном производстве является актуальной задачей [2].

Пыль крахмало-паточного производства- это мелкие и лёгкие органические и неорганические твёрдые частицы, которые выделяются в производственное помещение из зерновой массы при прохождении технологических процессов. Дисперсный состав пыли крайне неоднороден, в основном зависящий от размеров частиц пыли, которые классифицируются на: крупную (50...250 мкм), среднюю (10...50 мкм) и мелкую (меньше 10 мкм) [3].

Частицы зерновой пыли способны находиться в воздухе во взвешенном состоянии, а также оседать или выделяться в виде порошка. Кроме того, зерновая пыль легко воспламеняется и способна привести к пылевому взрыву [4].

Для минимизации выбросов зерновой пыли в атмосферу и загрязнения прилегающей к предприятию местности на предприятии устанавливают пылеулавливающее оборудование. Существует значительное разнообразие очистного оборудования. Одно из самых широко распространённых для очистки от зерновой пыли вентиляционных и технологических выбросов — циклоны. Очистка воздуха от пыли осуществляется под действием центробежной силы. Простота устройства оборудования, надёжность в эксплуатации, небольшие капитальные и эксплуатационные затраты подчёркивают достоинства циклона. Однако, показатель фракционной эффективности при улавливании пыли до 10 мкм незначителен, мелкодисперсная пыль практически не улавливается, что является его большим недостатком. Что нельзя сказать о показателях улавливания крупной фракции пыли. К примеру, эффективность улавливания для крупной зерновой пыли на циклонах типа: ЦН-11 и ЦН-15 составляет 97-98%; УЦ - степень очистки достигает до 99%[5].

После очистки запылённого воздуха на циклонах, следует рассмотреть последующую ступень улавливания зерновой пыли. Для дальнейшей очистки воздуха от зерновой пыли необходимо использовать фильтрационные пылеуловители (рукавные фильтры). Принцип пылеулавливания заключается в прохождении запылённого потока воздуха через слой пористого материала, тем самым осуществляется процесс фильтрации. Задержанные пылевые частицы на слое пористого материала удаляются продувкой либо встряхиванием, то есть происходит регенерация фильтра. По сравнению с циклонами, устройство рукавных фильтров довольно сложное, эксплуатация данного оборудования требует значительного расхода электроэнергии.

Рукавные фильтры обеспечивают тонкую очистку от частиц пыли от 1 мкм и менее. Эффективность пылеулавливания в рукавном фильтре будет

зависеть от применяемой фильтровальной ткани (пористый материал), из которой выполнены рукава и скорости фильтрации. Фильтровальную ткань изготавливают из натуральных и синтетических волокон и их смесей, перспективу одерживают ткани из нитрона и лавсана. Более эффективную очистку воздуха от зерновой пыли обеспечивают фильтры типа: РЦИ, ФВ, рукавные (карманные) фильтры, обладающие различными типоразмерами — от локальных (не имеющих бункеров) до многомодульных фильтров разной производительности [3].

Применение двухступенчатой очистки повышает эффективность очистки воздуха от зерновой пыли. Применение на I ступени циклонов для улавливания крупных частиц зерновой пыли и на II ступени фильтрационные пылеуловители (рукавные фильтры), улавливающие мелкодисперсную пыль обеспечивается тонкая очистка запылённого воздуха. Какое-то количество мелкодисперсной зерновой пыли уносится в атмосферу. Проблема - в их улавливании.

Таким образом, снижение выбросов мелкодисперсной зерновой пыли в атмосферу можно достичь путём разработки и модернизации оборудования, применения новых технологий, которые позволят увеличить эффективность очистки воздуха от зерновой пыли в крахмало-паточном производстве.

Источники

1. Крахмало-паточная промышленность // Библиотека по агрономии [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://agrolib.ru/> (дата обращения: 20.02.2023).
2. В.И. Беспалов, Е.П. Лысова, А.С. Иванова Применение нового научного подхода к оценке свойств зерновой пыли // Инженерный вестник Дона. - 2018. - №2
3. Мониторинг работы пылеулавливающего оборудования на зерноперерабатывающем предприятии // Электронный архив ЮУрГУ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://dspace.susu.ru> (дата обращения: 20.02.2023).
4. Физико-механические свойства пыли зерноперерабатывающих предприятий // Studwood [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://studwood.net> (дата обращения: 20.02.2023).
5. Зерновая пыль – вред для здоровья и взрывоопасность // СовПлим. Системы промышленной вентиляции и аспирации [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://sovplym.ru/> (дата обращения: 20.02.2023).

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЯ НЕФТЕХИМИИ

А.С. Лактионов

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Р.Я. Исхакова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

Laktionovaleksej8@gmail.com

В статье рассматривается технологическая схема очистки сточных вод предприятия нефтехимии, а также проводится анализ эффективности очистки.

Ключевые слова: сточные воды, очистка, нефтепродукты, эффективность очистки.

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF WASTEWATER TREATMENT OF A PETROCHEMICAL ENTERPRISE

A.S. Laktionov

KSPEU, Kazan, Russia

Laktionovaleksej8@gmail.com

The article discusses the technological scheme of wastewater treatment of a petrochemical enterprise, and also analyzes the efficiency of purification.

Keywords: wastewater, purification, petroleum products, purification efficiency.

Сточные воды нефтехимических производств являются основными загрязнителями водных объектов. В последние годы очистки стоков уделяется большое внимание. С каждым годом увеличиваются экологические требования к степени очистки стоков. Большая часть предприятий использует устаревшее оборудование, которое малоэффективно. Низкая эффективность очистки стоков, загрязненные нефтепродуктами, фенолами, поверхностно – активными веществами (ПАВ) и другими веществами, обусловлена недостаточным растворением воздуха в воде при насыщении стоком воздухом под давлением.

Очистка сточных вод на предприятии нефтехимии производится следующим образом. Предварительно стоки проходят механическую очистку, затем поступают в блок биологической очистки. Биологическая очистка проходит в первую очередь через смесители. Стоки с различным

составом смешиваются и поступают в аэротенки. Аэротенки имеют две ступени. На первой ступени установлены два аэротенка – смесителя, пройдя их сточные воды поступают во вторую ступень очистки. На второй ступени установлены аэротенки – вытеснители с регенераторами.

Для очистки используют и вторичные и третичные радиальные отстойники, после которых стоки поступают на карты прудов биологической доочистки. Здесь происходит естественное насыщение кислородом, после чего очищенные стоки попадают в реку.

В результате лабораторного исследования качества очистки сточных вод показало превышение нормативных требований очистки производственных сточных вод по нефтепродуктам, нитратам и нитритам.

Исходя из полученных данных, а также в связи с повышающимися нормативными требованиями к качеству очистки производственных сточных вод необходимо модернизация технологической схемы путем внедрения новых технологических процессов и очистных сооружений [1].

Существует множество методов для очистки сточных вод. На предприятиях нефтехимии используют технологические и физико-химические методы. К данным методам относятся коагуляция, флотация, окисление озоном, осмос, осаждение и другие.

Коагуляция является наиболее распространенным методом очистки сточных вод от рафинированных и нерастворимых масел. Используя композицию из коагулянтов и флокулянтов можно значительно повысить выделение нерастворимых и водорастворимых продуктов [2]. Методом адсорбции можно достигнуть хороших результатов очистки органических соединений [3].

Так как степень очистки стоков предприятия нефтехимии не достигает нормативных требований (степень очистки составляет 70-80%), необходимо внедрение современных технологий для совершенствования технологической схемы очистки.

Источники

1. Баландина А.Г., Хангильдин Р.И., Мартяшева В.А., Воронина А.Н. Прогнозирование эффективности процесса окисления сточных вод химически загрязненных территорий в присутствии катализаторов и мембранной сепарации // Башкирский химический журнал. 2015. Т. 22. № 1. С. 115-126.

2. Сайдалиев Б.Я. Эффективный метод очистки сточных вод от нефти и нефтехимических продуктов при переработке нефти // Universum: Химия и биология: электрон. научн. журн. 2019. № 11-3(68). С. 27-29.

3. Мамадалиева С.В. Зависимость показателей очищаемого парафина от размера гранул применяемого адсорбента // Universum: Химия и биология: электрон. научн. журн. 2019. № 11 (65).

УДК 504.054

ПРЕДПРИЯТИЕ ПО ОБОГАЩЕНИЮ МЕДЬСОДЕРЖАЩИХ РУД КАК ИСТОЧНИК ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Н.С. Россамахина

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Р.Ф.Шакуров

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

rossa14makhina@mail.ru

В работе рассмотрены основные источники пылеобразования на предприятии по обогащению медьсодержащей руды, а также оценка влияния хвостохранилищ на компоненты окружающей среды.

Ключевые слова: источники пылеобразования, неорганизованные источники, хвостохранилища.

THE ENTERPRISE FOR THE ENRICHMENT OF COPPER- CONTAINING ORES AS A SOURCE OF ENVIRONMENTAL POLLUTION

N.S. Rossamakhina

KSPEU, Kazan, Russia

rossa14makhina@mail.ru

The paper considers the main sources of dust formation at a copper ore processing plant, as well as an assessment of the impact of tailings on environmental components.

Keywords: sources of dust formation, unorganized sources, tailings dumps.

Важнейшей отраслью экономики Российской Федерации является горнодобывающая и перерабатывающая промышленность. Занятые в процессе добычи и обогащения медьсодержащей руды рабочие находятся под воздействием комплекса вредных производственных факторов, наибольшее воздействие из которых имеет загрязнение атмосферного воздуха пылью сложного химического состава.

Наибольшее промышленное значение имеют халькопирит, борнит и халькозин, которые представляют собой сульфидные минералы меди, в больших количествах встречающихся в медно-колчеданных рудах[1].

В основном, источниками образования пыли на предприятии по обогащению руды, являются: дробильно-сортировочный блок с усреднительным складом и узлами перегрузки руды; хвостохранилище.

Комплекс мер, направленных на борьбу с пылью на обогатительных фабриках предусматривает снижение концентрации пыли в производственных помещениях: герметизация пылящего оборудования, применение вытяжной вентиляции, и других мероприятий, обеспечивающих выполнение НДТ, согласно ИТС 23-2017 [2].

Системы очистки воздуха установлены над организованными источниками пыления и представляют собой аспирационные установки, обеспечивающие отсос с последующей фильтрацией примесей на рукавных фильтрах. Основными веществами, улавливаемыми от стационарных источников, будут: медь оксид, пыль неорганическая: 70-20% SiO_2 . Согласно протоколам испытаний эффективность работы рукавных фильтров достигает до 87 %[3].

В связи с этим, в большей степени на образование пыли влияют неорганизованные источники, к которым, помимо хвостохранилищ, так же относятся отвалы рыхлых, скальных и слабоминерализованных пород.

В силу того, что хвостохранилища имеют большую открытую поверхность, они являются мощным приземным источником поступления загрязняющих веществ в окружающую среду в результате:

- 1) Загрязнения литосферы при ветровом уносе пыли, утечке пульпы, формирования техногенных ландшафтов;
- 2) Загрязнения гидросферы при аварийном поступлении промышленных вод, смыве загрязняющих веществ при водяном пылеподавлении, фильтрации техногенных вод из хвостохранилища;
- 3) Загрязнения воздушного бассейна при пылении сухих откосов;
- 4) Загрязнения растительного и животного мира при накоплении в нем микро- и макроэлементов [4].

Увеличение спроса на продукцию горнодобывающих и перерабатывающих предприятий приводит к увеличению техногенной нагрузки, выше порога возможности самовосстановления элементов природной среды, и как следствие деградации земель. Кроме того, эксплуатация гидротехнических сооружений на высоких мощностях увеличивает риск возникновения аварийных ситуаций[5].

Таким образом, несмотря на достаточную изученность процессов складирования отходов горнодобывающей и горно-перерабатывающей промышленности, до настоящего времени актуальной задачей является разработка экологически эффективных и экономически целесообразных средозащитных мероприятий по длительному снижению негативного воздействия хвостохранилищ на компоненты природной среды с одновременной консервацией ценных компонентов в потенциальных техногенных месторождениях.

Источники

1. Региональный интерактивный энциклопедический портал «Башкортостан» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://bashenc.online/ru/> (дата обращения: 01.03.2023).
2. ИТС 23-2017. Добыча и обогащение руд цветных металлов. Изд. Бюро НДТ. М., 2017. С. 101-107, 230-235.
3. Протокола испытаний № 91-ПВ-22 от 28.06.2022
4. Майорова Л.П., Черенцова А.А., Крупская Л.Т., Голубев Д.А., Колобанов К.А.. Оценка техногенного загрязнения воздушного бассейна при пылении хвостохранилищ // ГИАБ. 2021. С. 5 – 20.
5. Григорьева М.Б., Иванов А.К., Тушев С.И. Экологический мониторинг при строительстве и эксплуатации горно-обогатительного комбината на месторождении им. М.В. Ломоносова // Обогащение руд. 1989. № 6. С. 39 – 42.

УДК 628.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ТЭЦ В КАЧЕСТВЕ СОРБЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

А.П. Сидорова

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор Л.А. Николаева

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

stasya.pavl@gmail.com,

Накопление золошлаковых отходов составляет эколого-экономическую проблему для государства. В статье предлагаются некоторые аспекты, способствующие развитию использования в качестве сорбционного материала отходов энергетического комплекса.

Ключевые слова: сорбционный материал, окружающая среда, отход, сжигание угля.

USE OF CHP WASTE AS SORPTION MATERIAL

A.P. Sidorova

KSPEU, Kazan, Russia

stasya.pavl@gmail.com,

The accumulation of ash and slag waste is an ecological and economic problem for the state. The article suggests some aspects that contribute to the development of the use of waste from the energy complex as a sorption material.

Keywords: sorption material, environment, waste, coal burning.

Одна из главных позиций использования полезных ископаемых в России принадлежит использованию угля [1]. С каждым годом в стране возрастает потребление электроэнергии, что приводит к увеличению мощностей ТЭС, в процессе работы которых образуются золошлаковые отходы, складываемые на золоотвалах. На данный момент количество золошлаковых отходов превышает 1,5 млрд. т, что создает значительную экологическую нагрузку на ОПС. В связи с этой проблемой 18 февраля 2019г. Комитетом Государственной Думы по энергетике было проведено заседание на тему «Законодательное регулирование использования золошлаковых отходов угольных ТЭС». Первоочередной серьезной эколого-экономической проблемой стало то, что золоотвалы представляют потенциальную опасность для ОПС[2]. На данный момент доля использования золошлаковых отходов в России не превышает 10-15%. К первостепенной причине низкого уровня использования золошлаковых отходов в России можно отнести:

- отсутствие целенаправленной государственной политики в области использования природных вторичных материалов;
- отсутствие финансирования работ по созданию производств по утилизации[3].

Зола рассматривается в виде твердого вещества оставшегося после сжигания угля которое может содержать в себе до 1-2% полых частиц силикатного стекла серого цвета (ксеносферы) обладающих низкой плотностью и теплопроводностью, высокой прочностью. Золошлаки являются техногенным минеральным сырьем, которое современем лишь накапливается, что создает перспективы для их изучения и вовлечения в

использование. Использование в качестве сорбционного материала золошлаков позволит высвободить занимаемые отвалами площади, понизить негативное воздействие на ОПС [4]. Золошлаки обладают высокими сорбирующими свойствами и термически устойчивы, что способствует возможности их использования в качестве дешевых сорбентов [2]. Исходя из данных Министерства энергетики в 2019 году на территории Российской Федерации произошло 17171 аварий с разливом нефти [5]. По данным исследований известно, что 1 литр нефтепродуктов может вывести из питьевого баланса 1 млн.литров воды с образованием на поверхности воды нефтяной пленки общей площадью 1 га[6]. Создаются новые сорбционные типы адсорбционных материалов, которые представляют собой твердые вещества с пористой структурой и обладают большей удельной поверхностью, что способствует развитию сорбционной технологии. Лишь небольшое количество применяемых сорбентов соответствует комплексу требований. Высокая стоимость большинства применяемых адсорбентов, является большим недостатком для предприятий. Угольная энергетика порождает образование огромного количества зольных отходов, что приводит к ухудшению состояния ОПС. Образующиеся в ходе сгорания угля отходы представляют собой конгломераты, которые формируются при высокой температуре и по этой причине содержат большое количество дефектов кристаллической структуры, а, следовательно, активных центров для адсорбции. [7]. Повысить сорбционные свойства золошлаковых отходов возможно за счет получения из крупнопористой структуры ажурной микропористой структуры благодаря процессу активации.

Проанализировав научные публикации российских авторов можно сказать, что отходы ТЭС будут представлять собой универсальный материал для использования в различных отраслях промышленности, в том числе в качестве сорбционного материала [2].

Источники

1. Комогорцев Б.В. К вопросу переработки и утилизации ЗШО // Научные и технические аспекты охраны ОС. 2013.№ 3.
2. Худякова Л.И., Залуцкий А.В., Палеев П.Л. ИспользованиеЗШО тепловых электростанций // XXI век. ТБ. 2019. № 4 (3). С. 375–391.
3. Обращение с ЗШО [Электронный ресурс] Режим доступа:<https://library.fsetan.ru/doc/obraschenie-s-zoloshlakovyimi-othodami/?ysclid=lettmn0bcr965395848> (дата обращения: 28.02.2023).

4. Алексейко Л.Н., Таксин А.В., Черепанов А.А., Юдаков А.А. Комплексная переработка ЗШО ТЭЦ // Современная наука, исследования, идеи, результаты, технологии. № 1 (17). 2016. С. 22-34.

5. Сорбенты для очистки воды от нефтепродуктов, сбора нефти [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://biomicrogel.com/ru/blog/sorbents-for-water-purification/> (дата обращения: 28.02.2023).

6. М.Н. Самусева, А.В. Житов Сорбенты из отходов ТЭС // Успехи современного естествознания. – 2010. – № 10. – С. 54-55.

7. Федорова Н.В., Чибинёв К.Н., Шматько М.Е., Пикина Е.В., Садовничий А.И., Щеглов Ю.В. Исследование сорбирующих свойств ЗШО ТЭС. 2016.

УДК 628.3

ПРОБЛЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД СЕЛА ШЕМОРДАН

З.А. Хамзина

Науч. рук. канд. географ. наук, доцент Р.Н. Апкин

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

zifakhamzina22@gmail.com

В статье рассматриваются проблемы загрязнения водоемов рыбохозяйственного значения. Предлагается решение задачи снижения загрязнения после биологических очистных сооружений путем доочистки, а также рассматривается решение проблемы очистки сточных вод для будущего состояния села Шемордан.

Ключевые слова: водоснабжение, канализация, загрязнение, очистные сооружения, нормативы, фосфаты.

THE PROBLEMS OF WASTEWATER TREATMENT IN SHEMORDAN VILLAGE

Z.A. Khamzina

KSPEU, Kazan, Russia

zifakhamzina22@gmail.com

The article discusses the problem of pollution of water reservoirs important for fishery. A solution to the problem of reducing pollution after biological treatment facilities by

additional sewage treatment is proposed, as well as a solution to the problem of wastewater treatment for the future state of Shemordan village is considered.

Keywords: water supply, sewerage, pollution, sewage treatment plants, standards, phosphates.

Село Шемордан находится в Сабинском районе Республики Татарстан. Оно является относительно крупным населенным пунктом: численность его на 1 марта 2023 года составляет 6 436 человек [1]. Село застроено в основном одноэтажными жилыми домами усадебного типа с прилегающими приусадебными участками; имеются также и пятиэтажные жилые дома. В селе существуют объекты соцкультбыта, районная больница, магазины, баня, банки, школа, аптека, детские сады, дом культуры, пожарная часть, пекарня. Здесь действует ряд коммерческих предприятий и организаций, но их в целом не очень много.

Населенный пункт имеет централизованную систему водоснабжения с водозабором с артезианских скважин с подводом воды к капитальным жилым домам, административно-бытовым зданиям, коммерческим предприятиям и организациям. В систему канализации поступают хозяйственно-бытовые стоки жилого сектора, административно-бытовых зданий, промышленные стоки от предприятий и организаций. Сбор сточных вод осуществляется самотечными коллекторами до канализационной насосной станции и далее до площадки биологического очистного сооружения канализации (БОСК). Однако владельцем систем водоснабжения и канализации является Шеморданское линейное производственное управление магистральных газопроводов (ШЛПУМГ), которое на основании договоров осуществляет водоснабжение и прием сточных вод предприятий и организаций с. Шемордан.

Территориально очистные сооружения с. Шемордан расположены на четвертом участке предприятия в 4,3 км от реки Малая Мёша, которая является приемником очищенных сточных вод и водоемом рыбохозяйственного назначения первой категории. Максимальная производительность БОС Шемордана равна 1000 м³/сутки. В своем составе оно имеет канализационную насосную станцию, приемную камеру стоков, песколовки, аэротенки, здание доочистки, резервуар для очищенной воды, контактный резервуар, иловые площадки и прибор учета сточных вод.

По данным контроля за сточными водами, поступающими на БОСК Шеморданского ЛПУМГ до очистки и после очистки, выявлено, что среди контролируемых веществ превышен норматив фосфатов.

Существуют различные методы удаления фосфатов из производственных и бытовых стоков. По технологическим процессам они подразделяются на физико-химические, биологические и комбинированные.

К физико-химическим относятся реагентные методы, при которых свободные ион-фосфаты связываются реагентами в труднорастворимую соль ортофосфорной кислоты. Биологический способ основан на удалении фосфора за счет его использования на синтез биомассы в биологической системе. Комбинированные методы предусматривают сочетание биологических и физико-химических методов. Суть этого метода состоит в биологическом дефосфатировании активного ила на стадии биологической очистки и химическом связывании ион-фосфатов в труднорастворимые кристаллы ортофосфорной кислоты с последующим их осаждением в отстойниках физико-химической очистки [2]. В нашем случае этот метод наиболее оптимальный. Однако, по утверждению многих авторов, удалить фосфор полностью на стадии доочистки проблематично. Тем не менее, даже снижение небольшого количества вредных веществ даст соответствующий экологический эффект.

В настоящее время очистные сооружения Шеморданского ЛПУМГ при существующем положении находятся в удовлетворительном состоянии. Однако численность населения с. Шемордан растет, и в будущем мощности БОС не будут справляться с нагрузкой. Поэтому в муниципальных органах рассматривается план строительства новых очистных сооружений, которые совместно с существующими БОС смогут обеспечить требуемые нормативы по очистке и сбросу в водоем производственных и иных сточных вод от предприятий и хозяйственно-бытовых стоков населения [3].

Источники

1. Население села Шемордан Сабинского района Республики Татарстан / Сайт BDEX: Зарплаты, вакансии, цены, пенсии, население, недвижимость – URL: <https://bdex.ru/naselenie/respublika-tatarstan/n/sabinskiy/shemordan/> (дата обращения: 05.03.23) – Текст: электронный;

2. Амбросова Г.Т., Функ А.А., Матюшенко Е. Н. Фосфор в сточных водах – анализ методов удаления / Журнал «Вода Magazine» №7 (107), 2016 – URL: <https://watermagazine.ru/nauchnye-stati2/novye-stati/24861-fosfor-v-stochnykh-vodakh-analiz-metodov-udaleniya.html> (дата обращения: 02.03.2023) – Текст: электронный;

3. В Татарстане построят новые очистные сооружения / Национальное информационное агентство Экология – URL: <https://nia.eco/2023/01/28/57461/> (дата обращения: 27.02.2023) – Текст: электронный.

УДК 628.35

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И АДсорбЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗОЛОШЛАКОВОГО ОТХОДА

А.З. Шайнурова

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор Л.А. Николаева

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

Shainyrova19@rambler.ru

В данной статье представлены результаты физико-химического анализа золы-уноса ТЭС, проведен лабораторный эксперимент для определения кинетики адсорбции растворенных нефтепродуктов на поверхности золы-уноса ТЭС.

Ключевые слова: золошлаковые отходы, ТЭС, сточные воды, нефтепродукты.

DETERMINATION OF CHARACTERISTICS OF ASH AND SLAG WASTE FOR USE AS ADSORBENT

A.Z. Shainyrova

KSPEU, Kazan, Russia

Shainyrova19@rambler.ru

This article presents the results of the physicochemical analysis of thermoelectric power station fly ash, a pilot experiment was carried out to determine the adsorption kinetics of dissolved petroleum products on the thermoelectric power station fly ash surface.

Keywords: ash and slag waste, thermoelectric power station, wastewater, oil products.

В настоящее время необходимо разрабатывать технические решения, способные комплексно снизить негативное антропогенное воздействие на окружающую среду.

Исследование проводилось на примере биологических очистных сооружений ПАО «Нижнекамскнефтехим», количественный анализ сточных вод предприятия указал на превышение в составе очищенных сточных вод растворенных нефтепродуктов [1]. Данное загрязняющее

вещество при попадании в гидросферу имеет токсический эффект, снижает количество растворенного кислорода, увеличивает потребность в биохимическом и химическом потреблении кислорода, приводит к изменениям в существующей экосистеме и эвтрофикации водоемов [2].

Одним из способов интенсификации процесса извлечения растворенных нефтепродуктов является применение сорбентов при биологической очистке сточных вод, однако данный способ ограничен в применении в связи с высокой стоимостью производимых сорбентов [3]. Предлагается использование отходов теплоэнергетики-зола уноса ТЭС в качестве адсорбента в целях снижения экономических затрат и в рамках комплексного снижения антропогенного воздействия на окружающую среду. Для подтверждения возможности применения золы-уноса ТЭС в качестве адсорбента необходимо провести физико-химический анализ золошлакового отхода ТЭС, провести опытный эксперимент для определения адсорбционной кинетики растворенных нефтепродуктов на поверхности сорбента.

Ближайшим объектом теплоэнергетики, применяющим каменный уголь в качестве топлива, является Рефтинская ГРЭС. Химический состав золы-уноса Рефтинской ГРЭС:

- Водородный показатель (рН) (ед. рН) 3-5;
- Оксид кремния SiO_2 59,06%;
- Оксид алюминия Al_2O_3 25,67%;
- Оксид железа Fe_2O_3 6,55%;
- Оксид кальция CaO 2,29% и др [4].

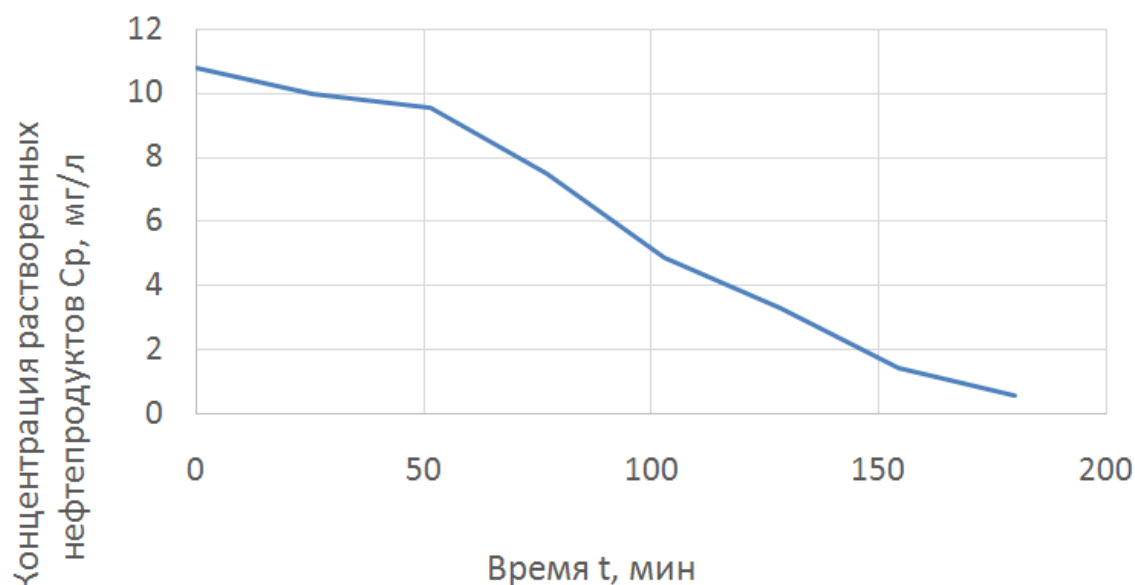
Физические характеристики золы-уноса Рефтинской ГРЭС показаны в таблице.

Характеристики золы-уноса Рефтинской ГРЭС [4]

№п/п	Наименование показателя	Значение показателя
1	Класс опасности	4
2	Удельная поверхность	280-360 м ² /кг
3	Средняя плотность	1980-2000 кг/м ³
4	Насыпная плотность	680-750 кг/м ³
5	Влажность	0,1-0,2 %
6	Удельная эффективная активность ЕРН	93-95,1 Бк/кг

Для определения адсорбционной кинетики был проведен лабораторный эксперимент на основе модельного раствора объемом 100

см³ с содержанием растворенных нефтепродуктов в количестве 10,8 мг/дм³, время взаимодействия 3 часа, температура 25 °С, соотношение твердой и жидкой фазы 1:100. Результаты проведенного эксперимента представлены на рисунке.



Адсорбционная кинетика растворенных нефтепродуктов на поверхности золы-уноса ТЭС

По результатам данного лабораторного эксперимента наблюдается значительное снижение концентрации растворенного нефтепродукта, что говорит о возможности применения золошлакового отхода в качестве сорбента для очистки сточных вод от растворенных нефтепродуктов.

Источники

1. Шайнурова А.З., Николаева Л.А. Применение золошлаковых отходов для повышения эффективности биологической очистки сточных вод // Материалы XXVI Всероссийского аспирантско-магистерского научного семинара, посвященного Дню энергетика, Казань, КГЭУ. 2022 г.
2. Некрасова А.А., Привалов Д.М., Попова О.С., Привалова Н.М., Двадненко М.В. Воздействие нефти и нефтепродуктов на окружающую среду // Научный журнал КубГАУ. 2017. №125. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozdeystvie-nefti-i-nefteproduktov-na-okruzhayuschuyu-sredu> (дата обращения: 03.03.2023);

3. Николаева Л.А., Бородай Е.Н., Голубчиков М.А. Сорбционные свойства шлама осветлителей при очистке сточных вод электростанций от нефтепродуктов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2011. № 1-2. С. 132-136;

4. Онищук В.И., Лазарова Ю.С., Евтушенко Е.И. Оценка возможности использования золы Рефтинской ГРЭС в производстве непрерывного стекловолокна // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. №5. 2021. С. 71-81.

СЕКЦИЯ 10. БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА

УДК 331.464

АНАЛИЗ ПРИЧИН ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА

А.А. Азнабаева

Науч. рук. канд. хим. наук, доцент Ф.М. Филиппова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

aznabaz@yandex.ru

В статье изложена основная информация о причинах смерти по несчастному случаю. Представлены причины несчастных случаев.

Ключевые слова: несчастные случаи, индивидуальные средства защиты, опасность, правила безопасности.

ANALYSIS OF THE CAUSES OF INDUSTRIAL INJURIES

A.A. Aznabaeva

KSPEU, Kazan, Russia

aznabaz@yandex.ru

The article provides basic information about the causes of death by accident. Causes of accidents are presented.

Keywords: accidents, personal protective equipment, danger, safety rules.

По данным Всемирной организации здравоохранения, на первом месте по причинам смерти находятся сердечно-сосудистые заболевания, на втором онкологические заболевания, и на третьем - несчастные случаи. Если по данным заболеваниям в основном умирают взрослые люди, то от несчастных случаев гибнут, главным образом, трудоспособные молодые люди. К численности пострадавших при несчастных случаях на производстве с утратой трудоспособности на один рабочий день и более и со смертельным исходом относятся лица, подлежащие учету на основании акта по форме Н-1 [1]. Далее рассмотрим статистическое наблюдение за травматизмом на производстве, который ведется с 2004 г. по видам экономической деятельности по крупным и средним организациям сплошным методом, по субъектам малого предпринимательства – выборочным методом. Данная тема актуальна во всем мире и требует

более пристального внимания. Использование технических средств безопасности является основным методом охраны труда уже многие годы.

Травматизм на производстве

	2010	2018	2019	2020
Численность пострадавших при несчастных случаях на производстве с утратой трудоспособности на 1 рабочий день и более и со смертельным исходом:				
всего, тыс. человек	48	24	23	21
на 1000 работающих	2,2	1,2	1,2	1,0
Численность пострадавших при несчастных случаях на производстве со смертельным исходом:				
всего, человек	2004	1072	1055	912
на 1000 работающих	0,094	0,054	0,053	0,045

При этом решаются две задачи:

- 1) Создание техники, инструментов, во время использования которых опасность возникновения от частного случая понижается.
- 2) Создание специальных средств защиты, предотвращающих опасность в процессе деятельности.

Как показывает практика, к сожалению, в двух из трёх несчастных случаев, причиной является человеческий фактор, сам работник, который по тем или иным причинам нарушил правила безопасности. Это может быть как не соблюдение трудового процесса, так и не использование средств индивидуальной защиты [2].

Почему же человек становится причиной появления своей травмы, если от природы ему присущ инстинкт самосохранения. На этот вопрос сложно ответить, ведь психически здоровый человек не станет наносить себе травму умышленно. Причинами этих случаев могут быть независимые от человека причины, либо непредвиденные обстоятельства, которые побудили работника нарушить правила безопасности.

Для того чтобы уменьшить их или предупредить появление таких происшествий, необходимо определить причины.

1. Диапазон воздействия человека на окружающую среду увеличивается с развитием орудия труда, на этом и основывается первая причина. На сегодняшний день развитие науки позволяет минимизировать опасность на рабочем месте и при создании технологий, создавать необходимые индивидуальные средства защиты, выбирать безопасные

пути действий и т. д. Но, несмотря на это, с прогрессированием науки и техники опасность растёт значительно быстрее, чем противодействие ей.

2. Второй причиной можно назвать рост цены ошибки, которая делает условия труда и жизнь работников более опасными и жёсткими. Статистика показывает, люди чаще гибнут от тока высокого напряжения, калечатся при использовании мощных грузоподъёмных средств, падают с высоты на асфальт или бетон.

3. Привыкание и адаптация человека к опасности – третья причина. Благодаря высокоразвитым технологиям люди забывают о том, что техника ещё является и источником опасности. Регулярное использование опасного оборудования и незнание о количестве несчастных случаев ведут к тому, что люди перестают бояться того, что является опасным. Не каждый несчастный случай происходит из-за нарушения, но всё же работник, нарушивший правила безопасности труда, будет повторять подобные действия. Далее происходит привыкание, а с ней и привычка к нарушениям правил.

Помимо перечисленных факторов, часто возникают индивидуальные причины. Один из этих факторов имеет основу психологического характера. К таковым относят недисциплинированность, склонность к риску, показная смелость и т.п [3]. Поэтому лишь техническим путём проблемы не решаются. Ошибки человека становятся всё более значимыми, так как недостатки человеческих факторов являются более заметными. На самом деле, причины ошибок работников разнообразны. Это могут быть недостаточное количество знаний и опыта, нестабильное эмоциональное состояние, нарушение физических качеств человека и пр. Как правило, внутренние факторы порождаются внешними факторами. Это и физические воздействия, и условия труда, и психологическая обстановка внутри коллектива, и условия жизни и т.д.

Таким образом, выявление причин ошибок, несчастных случаев, преднамеренных действий человека является сложной задачей.

Источники

1. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Российский статистический ежегодник // Статистический сборник. Москва, 2021. С. 142
2. Цыкунов, Д. С. Эксплуатация и модернизация технически устаревшего теплового оборудования / Д. С. Цыкунов, Р. Н. Пигилова // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-

энергетическом комплексе. / Отв. редактор А. Н. Халин. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2022. – С. 234–237

3. Психология безопасного труда [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pandia.ru/text/78/053/26936.php> (дата обращения: 03.03.2023).

УДК 628

ЗАВИСИМОСТЬ ВНИМАНИЯ ЧЕЛОВЕКА ОТ ОСВЕЩЕННОСТИ ПОМЕЩЕНИЯ

А.И. Акчанов¹, А.С. Калитов²

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Л.Р. Гайнуллина

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

¹timedelight@mail.ru, ²cergeevicreeh@gmail.com

Внимание и концентрация человека – явление непостоянное и зависимое от многих факторов. Физическая или психологическая усталость оказывает существенное влияние на концентрацию и усидчивость человека. Также не стоит игнорировать такой фактор, как условия работы. Недостаточная и неправильная освещенность рабочего помещения, посторонний шум или проблемы личного характера – все это факторы, снижающие работоспособность человека. Цель нашей работы – исследование зависимости концентрации внимания человека от степени освещенности помещения.

Ключевые слова: внимание, концентрация, освещенность, световой поток, таблица Шульте, источник света.

THE DEPENDENCE OF HUMAN ATTENTION ON THE ILLUMINATION OF THE ROOM

A.I. Akchanov¹, A.S. Kalitov²

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

¹timedelight@mail.ru, ²cergeevicreeh@gmail.com

Attention and concentration of a person is a fickle phenomenon and dependent on many factors. Physical or psychological fatigue has a significant impact on the concentration and perseverance of a person. Also, do not ignore such a factor as working conditions. Insufficient and improper illumination of the working room, extraneous noise or personal problems - all these are factors that reduce a person's performance. The purpose of our work is to study the dependence of the concentration of human attention on the degree of

illumination of the room.

Keywords: attention, concentration, illumination, luminous flux, Schulte table, light source.

Одним из основных факторов влияния на концентрацию человека является освещение. Действительно, даже без предварительных вычислений и статистических данных можно догадаться, что наш мыслительный орган опирается на показания глаза, который в свою очередь, весьма требователен и избирателен. В современном мире, люди огромную часть своего времени проводят перед монитором своего компьютера или телефона, поэтому правильная настройка экрана и правильное освещение крайне важны для здоровой и продуктивной работы [1].

Для детального анализа зависимости внимания человека от освещенности помещения нами был проведен эксперимент с использованием таблиц Шульте. Эксперимент был проведен над нами, авторами этой статьи. Опытным путем была определена зависимость физической величины освещенности от концентрации внимания и скорости принятия решений.

Условия эксперимента: площадь помещения – 18 м²; освещение помещения обеспечивалось 5 компактными люминесцентными лампами по 25 Вт каждая (суммарная величина светового потока приблизительно составила 1100 Люмен). Получаем, что освещенность нашего помещения равна приблизительно 305 Люксам при всех включенных лампах, что соответствует нормативному документу по освещению жилых комнат [2].

Для определения внимания были использованы таблицы Шульте (рис. 1). Эти таблицы – один из способов оценки концентрации внимания человека. В каждой таблице находится определенное количество чисел от единицы до какого-то конечного числа. Цифры расположены в произвольном порядке. Главная задача испытуемого состоит в быстром последовательном нахождении всех чисел, расположенных в таблице [3].

19	2	9	24	6
17	4	21	11	18
12	3	13	8	16
5	22	23	20	1
14	15	7	25	10

Рис. 1 Таблица Шульте

Так как экран телефона также излучает свет, влияние потолочного освещения на внимание человека будет весьма спорным, поэтому таблицы были перенесены на бумагу в едином масштабе для обоих испытуемых.

Каждый испытуемый совершил по пять попыток нахождения чисел при работающих пяти, четырех, трех, двух и одной лампочках. Следовательно мы получим 10 значений, исходя из которых построим график. Перед контрольными замераами, необходимо произвести несколько пробных попыток, чтобы на финальный результат не повлияла неопытность испытуемого.

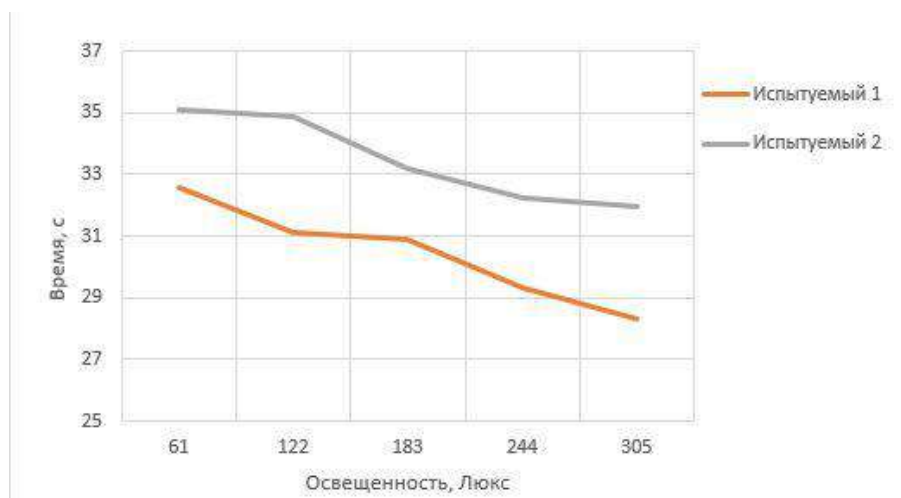


Рис. 2 График зависимости освещенности от времени принятия решения

Как мы можем наблюдать, внимание человека было подвержено спаду, так как увеличилось время поиска нужной цифры. Флуктуация графика находятся в пределах пары секунд. При изменении освещенности с 305 до 61 люкса концентрация внимания снижается на 10-20 %.

Несмотря на то, что время поиска увеличилось всего на несколько секунд, мы абсолютно точно можем сделать вывод, что человек теряет концентрацию и собранность из-за недостаточного освещения, т.е. снижается его работоспособность. Сравнительно большие расхождения у испытуемых связаны лишь с физиологическими особенностями и ни коем образом не связаны с погрешностью измерений.

Источники

1. Как настроить монитор, чтобы не болели глаза? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://stylus.ua/articles/373.html> (дата обращения: 01.03.2023).
2. Свет Люкс. Как рассчитать освещенность помещения (комнаты)

[Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://svet-luks.ru/articles/raschet-osveshennosti-svetovogo-potoka> (дата обращения: 01.03.2023).

3. Тест на внимательность с помощью таблицы Шульте [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://sepia.ru/speedreading/schulte/> (дата обращения: 02.03.2023).

УДК 614.8

РОЛЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Э.А. Ахметзянова

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Л.Р. Гайнуллина

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

Akhme7air@yandex.ru

В данной статье рассматривается проблема, связанная с большим количеством несчастных случаев на производствах. Как известно, ежегодно происходят миллионы происшествий, которые негативно сказываются на здоровье сотрудников. В последние годы уделяется особое внимание данной проблеме, разрабатываются и внедряются современные решения, основанные на технологиях искусственного интеллекта и Интернет вещей.

Ключевые слова: безопасность жизнедеятельности, несчастный случай, информационные технологии, искусственный интеллект, Интернет вещей.

THE ROLE OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN ENSURING SAFETY IN PRODUCTION

E.A. Akhmetzyanova

KSPEU, Kazan, Russia

Akhme7air@yandex.ru

This article deals with the problem associated with a large number of industrial accidents. As you know, millions of accidents occur every year that adversely affect the health of employees. In recent years, special attention has been paid to this problem, modern solutions based on artificial intelligence technologies and the Internet of things are being developed and implemented.

Keywords: Life safety, accident, information technology, artificial intelligence, Internet of things.

Несчастные случаи, производственные травмы, высокий процент профессиональных заболеваний являются острой проблемой на предприятиях. Согласно статистике Международной организации труда ежегодно на 270 миллионов несчастных случаев на производстве и 160 миллионов случаев профессиональных заболеваний приходится около 2 миллионов смертей. Любая подобная ситуация оказывает сильное влияние не только на семью пострадавшего сотрудника, но и на весь коллектив в целом. К основным причинам возникновения данных проблем можно отнести: человеческий фактор, связанный с отсутствием подготовки, самоуверенностью, недостаточным количеством отдыха и др.; пренебрежение техникой безопасности или неправильное использование оборудования; принятие каких-либо действий без наличия необходимой информации. Все вышеперечисленные проблемы требуют решения, которые способны значительно снизить количество несчастных случаев на производстве.

Безопасности жизнедеятельности на предприятиях в последние годы уделяется особое внимание. Данная сфера активно развивается, применяются различные современные технологии. Одной из новейших технологий, активно применяющихся для снижения возникновения несчастных случаев на производстве, являются решения с искусственным интеллектом (ИИ): «Zero Downtime» от компании FANUC, «Morigan.Safe» от российской компании «Маттлер» [1]. Особенно популярны данные решения в таких секторах, как химическое производство, грузовое автомобилестроение, сборочные линии. Это связано с тем, что технологии искусственного интеллекта способны анализировать данные с такой скоростью, которой людям невозможно достичь. Кроме того, существует возможность идентификации закономерностей и определения основных причин происхождения тех, или иных происшествий, что в будущем способно предотвратить большую часть из них, и, что наиболее важно, сократить численность погибших [2].

Наряду с технологиями искусственного интеллекта также активно используется Internet of Things (IoT) или, иначе говоря, Интернет вещей. Суть данной технологии заключается в том, что создается коллективная сеть из связанных между собой устройств, технологий и облачного хранилища, которая собирает необходимые данные для реагирования на действия человека. Ярким примером применения Интернета вещей для снижения количества несчастных случаев на производстве может стать совместное применение датчиков, установленных на носимых сотрудниками элементах (шлемы, спец. одежда, часы), а также датчиков

окружающей среды, задача которых будет заключаться в мониторинге [3]. Подобное решение позволяет отслеживать как физические показатели сотрудника, такие как частота сердечных сокращений, температура тела, уровень стресса, так и отклонения, возникающие в окружающей среде: уровень угарного газа, температуру воздуха, вибрацию и т.д.

Особенно эффективным решением для повышения уровня безопасности на производстве можно считать комбинацию двух вышеперечисленных технологий, которые будут работать следующим образом:

- установленные беспроводные камеры фиксируют происходящие процессы на рабочем месте для обнаружения потенциальных опасностей;
- изображения с камер передаются в облачное хранилище, где технологии ИИ распознают закономерности и аномалии, а сотрудники, отвечающие за мониторинг данных процесс проводят выборочную проверку;
- при обнаружении возможной проблемы система оповещает об этом сотрудников мониторинга, которые немедленно проводят проверку и в случае подтверждения опасности принимают необходимые меры;
- после устранения инцидента, ответственный сотрудник подтверждает инцидент в системе, а изображения и отчеты заносятся в базу данных для дальнейшего использования и обучения.

Таким образом, применение искусственного интеллекта может помочь не только в решении проблем, связанных с большим количеством несчастных случаев на производстве, но и значительно снизит количество ошибок, возникающих при контроле всех необходимых показателей. Одним из существенных преимуществ информационных технологий является непрерывная качественная работа, которая своевременно решает поставленные задачи. Кроме того, использование подобных технологий на предприятии не приведет к сокращению рабочих мест в связи с необходимостью контроля и обучения искусственного интеллекта, что также является немаловажным фактором для сотрудников.

Источники

1. Рысина А.Д. Роль информационных технологий в безопасности жизнедеятельности человека // Материалы XVI Всероссийской (VIII международной) научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Энергия-2021», Иваново, 2021. Том 2. С. 55.
2. Игнатенко А. А. Информационные технологии в области повышения квалификации в производственной безопасности // SCI-ARTICLE

[Электронный ресурс]. URL: <https://sci-article.ru/stat.php?i=1588060629> (Дата обращения: 06.03.2023).

3. Brian Massey Worker safety: what, why, and how IoT and AI can help // IBM [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ibm.com/blogs/internet-of-things/iot-worker-insights-worker-safety-and-ai/> (дата обращения: 06.03.2023).

УДК 331.45

ОЦЕНКА РИСКОВ НА ПРОИЗВОДСТВЕ И ПРИНЯТИЕ МЕР ПО ИХ СНИЖЕНИЮ

А.А. Бакланов¹, Р.Р. Нурутдинов²

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Л.Р. Гайнуллина

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

¹maks.sokolov.11111@mail.ru, ²rinas_nurutdinov@mail.com

Безопасность на производстве – это один из ключевых аспектов успешной работы любого предприятия. Каждый день сотни работников выполняют свои обязанности на производстве, сталкиваясь с различными опасностями и рисками. Для того, чтобы предотвратить травмы и несчастные случаи, необходимо оценить риски и принять соответствующие меры по их снижению.

Ключевые слова: риск, предприятие, опасность, меры по снижению риска.

THE DEPENDENCE OF HUMAN ATTENTION ON THE ILLUMINATION OF THE ROOM

¹A.A. Baklanov, ²R.R. Nurutdinov

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

¹maks.sokolov.11111@mail.ru, ²rinas_nurutdinov@mail.com

Safety at the workplace is one of the key aspects of the successful operation of any enterprise. Every day, hundreds of employees perform their duties on the production site, facing various hazards and risks. In order to prevent injuries and accidents, it is necessary to assess the risks and take appropriate measures to mitigate them.

Keywords: risk, enterprise, hazard, measures to mitigate risk.

Оценка рисков на производстве – это системный подход, который позволяет идентифицировать и оценить факторы, связанные с

производственными процессами и деятельностью предприятия, способные нанести вред здоровью или жизни человека на рабочем месте. Этот процесс позволяет выявить наиболее вероятные сценарии несчастных случаев и определить уровень возможного ущерба для работников, оборудования и окружающей среды [1].

Процесс оценки рисков на производстве включает в себя несколько этапов:

1. Идентификация опасностей: на этом этапе определяются все потенциальные и реальные опасности на производстве. Опасности могут быть связаны с оборудованием, материалами, процессами, условиями труда, поведением персонала и т.д.

2. Оценка вероятности и последствий: на этом этапе определяется вероятность возникновения опасности и масштаб возможных последствий. Это позволяет оценить риск и определить, какие меры предосторожности необходимо принять для его уменьшения.

3. Принятие мер по уменьшению рисков: чтобы снизить риск, можно принять следующие меры:

а) обеспечить регулярное техническое обслуживание и проверку состояния оборудования;

б) обеспечить инструктаж персонала, соблюдение правил безопасности и т.д.

4. Регулярный мониторинг: проводите регулярный мониторинг условий работы и жизни, чтобы убедиться, что меры по уменьшению рисков работают и не возникают новые опасности [2].

Формула расчета вероятности опасных событий может выглядеть следующим образом:

$$P = F \times S \times E$$

где:

P – вероятность возникновения опасного события;

F – вероятность возникновения источника опасности;

S – вероятность развития опасной ситуации;

E – вероятность негативных последствий опасного события.

Для примера возьмем ситуацию на предприятии, где есть опасность пожара. Допустим, вероятность возникновения источника опасности (F) равна 0,3 (так как имеется оборудование, которое может привести к возникновению пожара), вероятность развития опасной ситуации (S) равна 0,7 (присутствует быстрое распространение огня) и вероятность

негативных последствий (E) равна 0,9 (возможны жертвы и значительный ущерб для предприятия).

Тогда расчет вероятности опасного события будет выглядеть следующим образом:

$$P = 0,3 \times 0,7 \times 0,9 = 0,189$$

То есть вероятность возникновения пожара на данном предприятии составляет 0,189 или примерно 19 %. Это означает, что необходимо принимать меры для минимизации рисков и обеспечения безопасности сотрудников и имущества.

Рассмотрим также один из методов оценки с точки зрения экономики. Допустим, вероятность несчастного случая равна 0,5 %, а потенциальный ущерб составляет 7500000 рублей. Тогда риск можно рассчитать по формуле:

$$\text{Риск} = \text{Вероятность} \times \text{Потенциальный ущерб} = 0,005 \times 7500000 = 37500 \text{ рублей}$$

Таким образом, вероятность инцидента составляет 37500 рублей.

Примем, что после внедрения мер по уменьшению рисков, вероятность возникновения инцидента снизилась до 0,1 %. Тогда новый расчет рисков будет выглядеть следующим образом:

$$\text{Риск} = \text{Вероятность} \times \text{Потенциальный ущерб} = 0,001 \times 7500000 = 7500 \text{ рублей}$$

В результате, снижение вероятности возникновения опасности с 0,5 % до 0,1 % позволило снизить риск на 30000 рублей.

Важно отметить, что данные формулы является лишь одним из инструментов оценки рисков на предприятии и не учитывает все факторы, которые могут повлиять на безопасность. Поэтому, помимо расчетов, необходимо проводить комплексный анализ рисков и разрабатывать меры по их минимизации [3].

В целом, оценка рисков и принятие мер по их снижению являются важными шагами в обеспечении безопасности на производстве. Это позволяет уменьшить вероятность возникновения опасностей, уменьшить затраты предприятия и предотвратить возможные аварийные ситуации, что в свою очередь повышает эффективность работы предприятия и сохраняет здоровье и жизни работников.

Источники

1. Оценка риска. Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.rosmintrud.ru/> (дата обращения: 27.02.2023)
2. Зубачев Д. Н. Особенности управления рисками на предприятии // Молодой ученый. 2018. №14. С. 181-184.
3. Вяземская Л.С. Проблемы управления финансовыми рисками // NovaInfo.Ru. 2017. Т. 1. №58. С. 340-345.

УДК 621.3

ВЛИЯНИЕ ВИБРАЦИЙ НА ПРОИЗВОДСТВЕ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Д.А.Беленкова¹, К.Л.Хусаинова²

Науч. рук. канд. хим. наук, доцент Ф.М.Филиппова

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

¹ne.dassa@yandex.ru, ²k-khusainova04@mail.ru

Рассмотрены подробно виды производственных вибраций, их последствия на работу людей, на производительность труда, а также предложена техника безопасности для устранения негативных последствий.

Ключевые слова: вибрации, человек, производство, безопасность.

THE EFFECT OF VIBRATIONS IN THE PRODUCTION OF HEAT AND POWER ON THE HUMAN BODY

D.A. Belenkova¹, K.L. Khusainova²

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

¹ne.dassa@yandex.ru, ²k-khusainova04@mail.ru

The types of industrial vibrations, their effects on people's work, on labor productivity are considered in detail, and safety techniques are proposed to eliminate negative consequences.

Keywords: vibrations, man, production, safety.

Любая работа на производстве считается непростой и небезопасной, а также не обходится без такого явления, как вибрация. Шум и вибрация последние десять лет стали оказывать на организм человека большое

влияние, именно поэтому эта проблема одна из актуальнейших во всех странах мира. Шум воздействует на человека не только на производстве, но и в доме, и на улице.

Выделяют вибрацию различных типов: локальную и общую. Первый тип возникает при работе с ручным инструментом, второй преобладает при работе с транспортом, также существует смешанная вибрация, воздействующая и на конечности, и на всё тело человека. Каким же образом вибрации оказывают влияние на человека? Наше тело состоит из упругих элементов, имеющих свои частоты. Если колебания на рабочем месте близки к колебаниям органов человека, тогда вероятно возникновение механических дефектов.

По допустимым уровням различают гигиенические и технические вибрации [1]. Гигиеническое нормирование вибраций имеет ограничения параметров вибрации мест работников и контакта с руками людей. Другие вибрации имеют ограничения параметров вибрации и учитывая указанные требования, и исходя из достигнутого уровня вибрации на данном виде оборудования [2].

Необходимо соблюдать требования по вибрациям и в помещениях для умственной работы. Гигиенические нормы в таких случаях устанавливаются для стандартной продолжительности рабочего дня [3].

Воздействие вибрации на человека можно снизить с помощью применения различных мер. Например, можно по возможности заменить вибрирующее оборудование на то, в котором вибрация отсутствует; применить виброизоляцию машин; использовать дистанционное управление в рабочем процессе; обеспечить трудящихся специальной защитной одеждой и обувью. Также немало важным будет проведение для профилактики лечебных мероприятий. Контакт с вибрирующими машинами не должен превышать $\frac{2}{3}$ времени рабочего дня. Без перерывов подвергаться машинным вибрациям можно не более 15-20 минут. К такой работе должны допускаться только люди, достигшие совершеннолетнего возраста, получившие необходимую квалификацию, прошедшие медицинский осмотр и сдавшие технику безопасности. Рабочая зона должна быть отапливаемая, имеющая влажность не более 40-60%, и скорости движения воздуха не выше 0,3 м/с [4]. Для увеличения защиты организма рекомендуется принимать витамины В и С, выполнять гимнастику, принимать гидропроцедуры.

От неудовлетворительного состояния дел с безопасностью жизнедеятельности страна каждый год несет значительные человеческие, финансово-экономические, материальные и моральные потери. Одной из

самых главных проблем национальной безопасности страны является обеспечение охраны труда и безопасное производство. К сожалению, на большинстве предприятий нашей страны отсутствует соблюдение техники безопасности.

Таким образом, из-за влияния шума и вибрации появляется высокая утомляемость и раздражительность, некачественный сон, головная боль, ухудшение памяти, внимания и остроты зрения. Всё это ведет к уменьшению производительности труда, а также нередко является причиной травматизма. Влияние вибрации и шума ухудшает работу сердечно-сосудистой, эндокринной и нервной системы, нарушает координацию движений. Адаптироваться к шуму человеку невозможно.

Источники

1. Суворов Г.А., Шкаринов Л.Н., Денисов Э.И. Гигиеническое нормирование производственных шумов и вибраций. М.: Медицина, 1984. 240 с.

2. Р 2.2.2006-05. 2.2. Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://sudact.ru/law/r-222006-05-22-gigiena-truda-rukovodstvo-po/> (дата обращения: 03.03.2023)

3. Суворов Г.А., Бутковская З.М., Хунданов Л.Л. Производственная вибрация /гигиенические аспекты/. М., 1996. 72 с.

4. ГОСТ 31191.1-2004. Библиографическая ссылка. Вибрация и удар. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Стандартиформ, 2008. 12 с.

УДК 331.453

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ МОНТАЖНЫХ РАБОТ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА КРЫШАХ С КРУТЫМ СКЛОНОМ И НА ПЛОСКИХ КРЫШАХ

А.Н. Богданова

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Ю.А. Аверьянова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

bogdaannovaa@gmail.com

В статье рассмотрена техника безопасности во время выполнения монтажных работ солнечных электростанций на крышах с крутым склоном и на плоских крышах. Разобраны ключевые меры и устройства, обеспечивающие безопасность.

Ключевые слова: солнечная панель, крыша, монтажные работы, высота, система защиты.

OCCUPATIONAL SAFETY WHEN INSTALLING SOLAR POWER PLANTS ON ROOFS WITH STEEP SLOPES AND ON FLAT ROOFS

A.N. Bogdanova
KSPEU, Kazan, Russia
bogdaannovaa@gmail.com

The article deals with safety during the installation of solar power plants on roofs with a steep slope and on flat roofs. The key safety measures and devices are discussed.

Keywords: solar panel, roof, installation work, height, protection system.

Падение с высоты – самая частая причина несчастных случаев при выполнении монтажных работ на крышах зданий. Установка солнечных электростанций имеет много общего с другими монтажными работами на высоте, однако у них есть и различия, например, наличие у рабочих солнечных панелей – дорогостоящих и хрупких устройств [1]. При монтаже специалистам важно в первую очередь думать о собственной безопасности, о безопасности своих коллег, а также не забывать о правильном обращении с техническим оборудованием. Добиться всего этого помогает соблюдение техники безопасности и наличие специальных защитных приспособлений.

Работодатель, руководитель или владелец компании, занимающейся монтажом или техническим обслуживанием солнечных электростанций, несёт ответственность за обеспечение безопасности сотрудников. Перед выполнением специалистами монтажа солнечных панелей работодатель должен сначала провести анализ рисков [2] на рабочем месте и записать их в письменной форме. В соответствии с приказом Минтруда №776н были выполнены предварительные расчёты рисков. Оценка рисков экспертной организацией – не пустая трата бюджета. Она заранее экономит денежные средства, которые могли бы пойти на выплаты по больничным листам, восстановление испорченного оборудования и приобретение нового.

В соответствии с Правилами по охране труда при работе на высоте [3], к выполнению работ допускаются лица, достигшие возраста 18 лет, имеющие соответствующую квалификацию и оформленный наряд-допуск.

Следующая мера защиты при выполнении монтажных работ крышных солнечных электростанций – защита от падения с высоты. Падение с высоты – падение через край крыши, которое является причиной телесных повреждений за счёт удара о поверхность, находящуюся ниже уровня крыши. Понятие края крыши также включает в себя световые фонари и отверстия в крыше, которые не могут выдерживать большой вес и через которые может провалиться монтажник [4]. Если работник потерял равновесие, начал срываться с крыши, важно, чтобы он не упал с высоты.

Необходимо установить на рабочем объекте защитные перила и боковые ограждения, которые способны принять возникшую силу тяжести. Также нужно обеспечить каждого сотрудника страховочной системой. Если по эксплуатационным причинам невозможно использовать устройства защиты от падения, должны предусматриваться защитные устройства для улавливания сорвавшегося персонала. К ним относятся защитные сетки, стены и леса. Во время монтажа у специалистов должны быть свободные руки и надёжная опора. Поэтому на скатных крышах с наклоном более 45° требуется установка страховочной системы или лестницы, предназначенной специально для работ на крыше. Для очень крутых крыш должны быть предусмотрены дополнительные улавливающие устройства на каждые 5 метров высоты.

Обязательно использование монтажниками средств индивидуальной защиты (СИЗ). Каждый работник должен уметь правильно обращаться со всеми предметами, обеспечивающими безопасность, и знать алгоритм действия при падении с крыши. Важно понимать, как действовать самостоятельно и что делать, если здоровье коллеги подвергается опасности.

Работа на плоской крыше кажется более безопасной по сравнению со скатной из-за отсутствия у первой крутого склона, но это не совсем так. На плоской крыше так же необходимо устанавливать ограждения и использовать трос.

Особую опасность для здоровья представляют порывы ветра, особенно когда у монтажника в руках находится солнечная панель. Ветер, дующий в панель, делает из неё парус. Чтобы избежать падения человека и

оборудования, обязательна установка коллективной и индивидуальной системы защиты от падения вниз. К ней относятся жесткий барьер, например, массивная цепь, улавливающие леса, ограждение из досок.

Также на плоских крышах должны быть установлены системы, за которые можно зацепить страховочный трос. Это могут быть точки анкерных креплений или стеллажные системы.

Выполнение электромонтажных работ солнечных электростанций на крышах с крутым склоном и на плоских крышах – ответственная и опасная деятельность. Руководство организации, отвечающей за выполнение монтажных работ, должно обеспечить систематический контроль за соблюдением электромонтёрами правил безопасности, применение предохранительных приспособлений, спецодежды и других СИЗ.

Источники

1. Москаленко Н.И., Хамидуллина М.С., Сафиуллина Я.С. Влияние антропогенных воздействий на работу солнечных электрических и тепловых станций // Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2016. №3-4. С.29-39.

2. Оценка профессиональных рисков 2023: как провести, выявить опасности и разработать документы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://oxrana-truda.ru/ocenka-professionalnyh-riskovysclid=leubetkzrm963110519> (дата обращения: 04.03.23).

3. Приказ Минтруда РФ от 16.11.2020 N 782Н «Об утверждении Правил по охране труда при работе на высоте» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=379253&ysclid=leubx3yo47906364702#h64> (дата обращения: 04.03.23).

4. Solartipp: Sturz vom Flachdach verhindern [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.photovoltaik.eu/Archiv/Meldungsarchiv/article-802982-110949/solartipp-sturz-vom-flachdach-verhindern-.html> (дата обращения: 04.03.23).

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РОБОТОВ-МАНИПУЛЯТОРОВ

Г.Н. Виноградов¹, А.Т. Сайфуллин²

Науч. рук. канд. техн. наук., доцент Л.Р. Гайнуллина

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

¹gp745@yandex.com, ²00aydar00@gmail.com

В статье рассматривается тема промышленных роботов-манипуляторов, их функций и основных правил безопасной эксплуатации. Описываются новые технологии, позволяющие роботам безопасно взаимодействовать с людьми, а также проблемы, связанные с авариями и необходимостью соблюдения правил при работе с роботами-манипуляторами. Рассмотрены конкретные случаи аварий с промышленными роботами-манипуляторами в России.

Ключевые слова: робот-манипулятор, техника безопасности, коллаборативные технологии

SOCIO-CULTURAL FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF MODERN SOCIETY

G.N. Vinogradov¹, A.T. Sayfullin²

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

¹gp745@yandex.com, ²00aydar00@gmail.com

The article discusses the topic of industrial robot manipulators, their functions and the basic rules of safe operation. It describes new technologies that allow robots to interact safely with people, as well as problems associated with accidents and the need to comply with the rules when working with robot manipulators. Specific cases of accidents with industrial robot manipulators in Russia are considered.

Keywords: robot manipulator, safety equipment, collaborative technologies

Роботом-манипулятором принято называть тип промышленных роботов с функциями, аналогичными функциям человеческой руки. Манипулятор может быть как самостоятельным устройством, так и находиться в составе более сложного роботизированного комплекса.

Сегменты манипулятора имеют соединения, допускающие вращательное движение [1].

Роботом-манипулятор может быть опасен при работе в непосредственной близости к человеку. Так как при его работе он может столкнуться с ним. На данный момент такой риск сводится к минимуму за счет достижений в области робототехники. Появились современные коллаборативные технологии, позволяющие роботам останавливаться, когда люди находятся близко. Коллаборативные роботы оснащены внутренними датчиками, ограничивающими усилия или скорость звеньев, что исключает необходимость наличия датчиков внешней информации. Они достаточно легкие и идеально подходят для выполнения операций, где допустимо медленное движение, поэтому они безопасны для людей – своих коллег по цеху [2].

Основные правила при взаимодействии с роботом манипулятором. При выключенной и заблокированной системе управления роботом необходимо учитывать возможность перемещения промышленного робота. Перед проведением работ на выключенном промышленном роботе следует перевести манипулятор и дополнительные оси в такое положение, при котором они не смогут произвольно перемещаться как с полезной нагрузкой, так и без нее. Если предохранительные устройства и защитные приспособления деактивированы или демонтированы, эксплуатация промышленного робота запрещена. Стоять под механическими частями робота запрещено. Во время эксплуатации двигатели достигают высоких температур, в связи с чем возникает опасность получения ожогов кожи[3].

В России вплоть до середины 2020 года зарегистрировано более 6 тысяч аварий с участием промышленных роботов. Около 30 процентов аварий относились именно к промышленным роботам, вызванные нарушениями программирования, неправильным использованием оборудования или конструктивными дефектами. Согласно данным Федеральной службы по аварийно-техническому регулированию в Татарстане, за последние 5 лет было зафиксировано несколько случаев аварий промышленных роботов-манипуляторов в цехах Камаза, Татнефти, Татарстанского регионального центра компьютерных технологий, Нефтеаналитического института имени Д.И. Менделеева и Нефтехимического института имени Г. Гинибекова. Несколько точных случаев аварий промышленных роботов-манипуляторов в цехах включают в себя следующее: авария робота-манипулятора из-за нарушения схемы последовательности движения; застревание манипулятора в станке; неправильная программа перемещения; проблемы с подачей запасных

частей; неисправные датчики; несколько проблем, вызванных неправильными параметрами настройки.

Робот-манипулятор позволяет автоматизировать различные процессы. Но не стоит забывать, что это компьютер и в нем может произойти сбой. Хотя за много лет эволюции роботов манипуляторов появились защитные системы позволяющие предотвратить несчастные случаи [4].

Источники

1. KUKA System Software 8.3 RUS Инструкция по эксплуатации и программированию для конечного пользователя [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://studylib.ru/doc/6268496/kuka-system-software-8.3-rus-instrukciya-po-e-kspluatacii-i> (дата обращения: 06.03.22).

2. Кульчицкий А.А., Наумова А.К. (сост.) Промышленные роботы: учебно-методический комплекс СПб.: Изд-во СЗТУ, 2010. 155 с.

3. Булгаков А.Г., Воробьев В.А. Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление М.: Солон-Пресс, 2007. 488 с.

4. Промышленные роботы и безопасность на производстве: истоки проблемы и пути решения [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.elec.ru/publications/promyshlennoe-oborudovanie/6685/> (дата обращения: 06.03.22)

УДК 331.44

ВРЕДНЫЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ФАКТОРЫ ТЭЦ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЗДОРОВЬЕ РАБОТНИКОВ

П.Е. Глухова¹, Г.В. Колосов²

Науч. рук. канд. хим. наук, доцент Ф.М. Филиппова

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹she_is_pauline@mail.ru, ²adam_escobaro@mail.ru

В статье рассмотрен комплексный анализ потенциальных опасностей на производстве, которые влияют на здоровье рабочих. Разберём основные риски профессионально обусловленной заболеваемости от факторов производственной среды. Представлены причины усугубления самочувствия, методы индивидуальной защиты работника.

Ключевые слова: ТЭЦ, профессиональное заболевание, травматизм, освещение, производственная вибрация и шум, токсичные выбросы, пожар.

HARMFUL PRODUCTION FACTORS OF THE CHP AND THEIR IMPACT ON THE HEALTH OF WORKERS

P. E. Glukhova¹, G. V. Kolosov²

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

¹she_is_pauline@mail.ru, ²adam_escobaro@mail.ru

The article considers a comprehensive analysis of potential hazards in production that affect the health of workers. Let's analyze the main risks of professionally caused morbidity from factors of the production environment. The reasons for the aggravation of well-being, methods of individual protection of the employee are presented.

Keywords: CHP, occupational disease, injury, lighting, industrial vibration and noise, toxic emissions, fire.

Теплоэлектроцентраль (ТЭЦ) – тип тепловой электростанции, которая не только вырабатывает электроэнергию, но и поставляет тепловую энергию в системы централизованного теплоснабжения (например, для снабжения горячей водой и отоплением жилых и промышленных зданий в виде пара или горячей воды.)

По данным Росстата, на долю ТЭЦ приходится 64,2% выработки электроэнергии в России, они являются основным источником электричества и тепла.

Принцип работы теплоэлектростанций заключается в сжигании топлива в топке и парового котла, где образуется тепловая энергия пара. В паровой турбине энергия пара превращается в механическую, которая затем в электрогенераторе превращается в электрическую энергию. Дымовые газы при сжигании топлива содержат тяжёлые металлы и микроэлементы в выбросах могут накапливаться в органах человека или концентрироваться в почве, попадать с продуктами питания в организм человека. Все эти факторы далеко не безопасны для сотрудников ТЭЦ. Проблема травматизма на данном виде предприятия имеет место быть. Поэтому вопрос снижения уровня травматизма и профессиональных заболеваний актуален как для работников, так и для работодателей.

Профессиональное заболевание – это заболевание, возникающее по причине работы или профессиональной деятельности в неблагоприятных условиях труда [1].

Травматизм – комплекс травм, которые рабочие получают на предприятии. Могут быть вызваны нарушением техники безопасности.

Безусловно, существует много различных приемов исключения или снижения травматизма, а вот такие факторы как освещение, промышленные вибрации, шум, токсичные выбросы ухудшают здоровье рабочего персонала. Эти параметры производственного микроклимата заслуживают отдельного внимания.

Освещение. Естественный свет помимо позитивного воздействия на зрение, также тонизирует весь организм человека и обеспечивает благополучное психологическое влияние. Слишком малый свет вызывает вялость и сонливость, а в некоторых случаях способствует возникновению тревоги [2].

Промышленные вибрации. Обычные вибрации вызываются электрическим оборудованием. Когда человек подвергается воздействию вибраций, центральная нервная система подавляется, вызывая беспокойство, страх, ухудшение зрения и снижение качества работы. Промышленные вибрации имеют широкий диапазон частот (от одной десятой до тысячи герц) и стимулируют периферические нервы в месте контакта, вызывая физиологические и функциональные ухудшения в организме человека. Чтобы понизить вибрации нужно принять надлежащие меры: чёткая балансировка всех крутящихся частей машины, тем более тех, которые движутся с высочайшей скоростью. Высокий риск проявления виброболезни у машинистов мельниц 8%.

Производственный шум. Длительное воздействие шума отрицательно влияет на слух человека и центральную нервную систему, снижает бдительность работника, увеличивается кровеносное давление, учащается дыхание, понижается эффективность деятельности. Повышенный шум влияет на сердечно-сосудистую и нервную систему и вызывает стресс. Понижение значения шума может быть достигнуто путём актуальной смазки, регулирования и починки электромашин и устройств, актуальной очистки и подтяжки контактов под напряжением, а также использования шумопоглощающих прокладок. Чаще всего проблемы со слухом возникают у машинистов мельниц 48%, машинистов котлов и турбин 37%.

Токсичные выбросы. Все выбросы ТЭЦ являются токсичными веществами, вредными для здоровья рабочего. Тяжёлые металлы и микроэлементы в выбросах имеют все шансы накапливаться в почве и сельскохозяйственных культурах и поступать в организм человека с пищей. Массовые выбросы (азот, сера, углерод и оксиды твёрдых веществ)

вливают в основном на дыхательные пути. Если постоянно находится в помещении, где аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (АПФД), то у человека может развиваться пылевой бронхит и лёгочные заболевания. [3]

Пожар. Любое электрооборудование может стать причиной воспламенения. Дуга или искрение в результате нормальной работы оборудования (переключатели или контакты). Высокая температура – как например, перегрев в горючей атмосфере. Выход из строя оборудования, как например короткое замыкание. Статистика проявления пожаров: трансформаторы и коммутационное оборудование 30%, обработка угля, конвейеры 22%, генераторные залы 15%.

Актуальность темы исследования связана с главной проблемой - повседневный риск для здоровья рабочего персонала. На ТЭС есть множество факторов, которые негативно влияют на здоровье сотрудника. Для того, чтобы рабочий персонал находился в безопасности стоит следить за электрооборудованием, проводить инструктаж по технике безопасности, иметь индивидуальные средства защиты, необходимо соблюдать контроль за исправностью всего оборудования.

Источники

1. Цыкунов, Д.С., Пигилова Р.Н. Эксплуатация и модернизация технически устаревшего теплового оборудования // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе: материалы национальной с международным участием научно-практической конференции студентов, аспирантов, учёных и специалистов. В 2-х томах, Тюмень, 20–22 декабря 2022 года. Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2022. С. 234-237.

2. Рукавишников Н. С., Усов К.И. Анализ воздействия вредных производственных факторов на электрослесаря ремонтной мастерской электроцеха ТЭЦ // Вестник Ангарского государственного технического университета. 2020. № 14. С. 174-178.

3. Панков В.А., Богданова О.Г., Молчанова О.А. Влияние производственных факторов на состояние здоровья работников тепловых электростанций // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101, № 8. С. 921-927.

СЕЛЕКТИВНАЯ КАТАЛИТИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА КАК СПОСОБ ОЧИСТКИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТ ВЫБРОСОВ

А.Ф. Бурганова¹, Д.Р. Ибрагимова²

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Л.Р. Гайнуллина

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

¹burganova2003@inbox.ru, ² dilaraibragimova4673@gmail.com

Превышение концентрации вредных веществ в производственных помещениях может негативно сказаться на здоровье человека. В исследовании производится рассмотрение метода селективной очистки как перспективной технологии в данном вопросе. Полученные показатели степени очистки воздуха от загрязнений подтвердили необходимость в установке подобных систем на предприятиях.

Ключевые слова: селективная очистка, оксид азота, помещение, вредные вещества.

SELECTIVE CATALYTIC PURIFICATION AS A METHOD FOR CLEANING THE ENVIRONMENT FROM EMISSIONS

A.F. Burganova¹, D.R. Ibragimova²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

¹burganova2003@inbox.ru, ² dilaraibragimova4673@gmail.com

Exceeding the concentration of harmful substances in industrial foci can affect human health. During the application of the selective purification method, question is used as a promising technology. The obtained indicators of the degree of air purification from pollution confirmed the need to install such systems at enterprises

Keywords: selective purification, nitric oxide, room, harmful substance.

Выбросы загрязняющих веществ на предприятиях вредят окружающей среде и здоровью людей, поэтому постоянное улучшение технологий очистки выхлопных газов и снижение концентрации вредных веществ являются актуальными задачами повышения безопасности и надежности рабочих помещений.

Целью работы является рассмотрение способов по уменьшению выбросов вредных веществ в окружающую среду, выбор наиболее перспективного и проведение его анализа с целью внедрения в

предприятия. Задачами являются ознакомление с литературными источниками, синтез полученной информации и формулировка основных выводов по теме исследования.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ регулируется законодательством, путем соблюдения Федерального закона от 10.01.2002 № 7 "Об охране окружающей среды". В случае нарушения ПДК могут применяться санкции в виде штрафов и привлечения к ответственности.

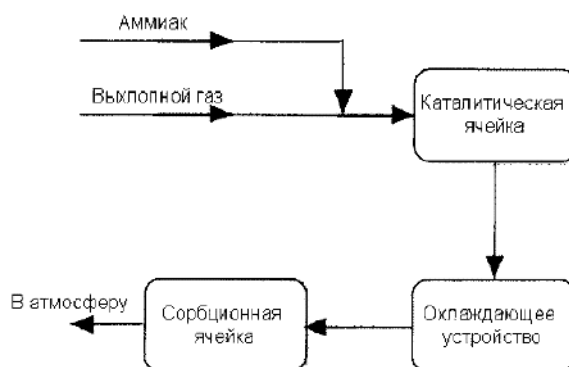
Контроль за содержанием вредных веществ в воздухе рабочей зоны проводится в соответствии с методическими указаниями, а предельно допустимая концентрация аэрозолей не должна превышать 10 мг/м³.

Для регулирования концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны необходимо рассмотреть различные технические средства и методы. Средства индивидуальной защиты (респираторы, маски и т.п.), применяют в случаях, когда безопасность труда не может быть обеспечена средствами коллективной защиты. Таким образом, в первую очередь, следует обратить внимание на системы вентиляции и кондиционирования воздуха, фильтры и сорбенты. Применяются электрофильтры, сорбционные установки, каталитические очистители, основанные на химических реакциях между вредными веществами и специальными катализаторами. Кроме того, может проводиться снижение температуры процессов сжигания, использование более чистых топлив и сырья, а также рециркуляция и переработка отходов [1].

Существует несколько новых технологий очистки воздуха в помещении от оксидов азота и других вредных веществ [2]. Одной из таких является применение "Selective Catalytic Reduction" – селективной каталитической очистки (СКО). СКО может быть установлена в системе вентиляции помещения или использована в качестве отдельной установки. В случае установки в системе вентиляции, воздух, содержащий оксиды азота, проходит через катализатор и выходит из системы уже очищенным.

СКО работает на основе реакции между оксидами азота (NO₂) и реагентом, обычно это аммиак или мочевины, находящимся в газовом потоке. Эта реакция происходит на поверхности катализатора, что приводит к превращению NO₂ в безопасные азот и воду. Катализатор состоит из металлических соединений, таких как ванадий и титан, нанесенных на керамический материал (см. рисунок). Система управления обычно использует датчики, чтобы измерять содержание NO₂ в газовом потоке и дозировать нужное количество реагента в систему. СКО также может быть интегрирован в общую систему контроля выбросов на

тепловой станции, чтобы обеспечить соответствие нормативным требованиям по концентрации выбросов в атмосферу [3].



Упрощенная принципиальная схема селективной каталитической очистки

Благодаря СКО происходит снижение выбросов оксидов азота на 80-95 %. Кроме того, данная технология потребляет 0,5 % вырабатываемой электроэнергии. Однако, существует вероятность повышения выброса аммиака, использующегося в качестве реагента, в летучей золе. Для предотвращения подобного следует увеличить объем катализатора или улучшить смешение аммиака и азота в отходящих газах. Также, в катализаторе могут присутствовать тяжелые металлы, поэтому с установкой данной технологии на предприятии необходимо разрабатывать способы удаления отработанного катализатора. Селективная каталитическая очистка может быть использована в различных отраслях промышленности: производство химических веществ, нефтеперерабатывающая промышленность, производство энергии и др.

Источники

1. Ахметова Р.В., Звонарева Ю.Н., Шорохов И.Р. Разработка и исследование энергоэффективных методов сжигания газового топлива в энергетических системах // Вестник КГЭУ. 2022. Т. 14. №1 (53). С. 13-23.
2. Таймаров М. А., Кувшинов Н. Е., Чикляев Д. Е., Чикляев Е. Г. Регулирование выбросов окислов азота при сжигании мазута в котлах // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2016. №3-4.
3. Методы очистки воздуха на промышленных предприятиях [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://gas-cleaning.ru/article/metody-ochistki-vozduha-na-promyshlennyh-predpriyatiyah> (дата обращения: 01.02.23).

СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ АЭС

А.Ч. Багаутдинов¹, Д.С. Кириллов²

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Л.Р. Гайнуллина

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹baga-artur@mail.ru, ²daniilkirillo@gmail.com

В статье изучены методы развития систем безопасности АЭС в свете технологического прогресса и необходимости обеспечения безопасности от угроз внешнего воздействия при производстве атомной энергии, которые имеют важное значение для развития других отраслей промышленности.

Ключевые слова: атомные электростанции, атомная энергетика, системы безопасности, искусственный интеллект, машинное обучение, системы автоматического управления, системы управления реакторами, система контроля параметров безопасности, автоматического управления технологическим процессом.

SAFETY SYSTEMS OF MODERN NUCLEAR POWER PLANTS

A.Ch. Bagautdinov¹, D.S. Kirillov²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

¹baga-artur@mail.ru, ²daniilkirillo@gmail.com

The article examines the methods of development of NPP safety systems in the light of technological progress and the need to ensure safety from external threats in the production of nuclear energy, which are important for the development of other industries.

Keywords: nuclear power plants, nuclear power engineering, security systems, artificial intelligence, machine learning, automatic control systems, reactor control systems, safety parameter control system, automatic process control.

Защита АЭС от внешних угроз при помощи современных систем безопасности является очень актуальной задачей в свете технологического прогресса, большого количества ядерных стран с многочисленными претензиями друг к другу и вовлеченности в сферу ядерных объектов сотен тысяч специалистов и вспомогательного персонала. Последние факты значительно повышают уязвимость существующих систем защиты. Они уже доказали свою эффективность в обеспечении безопасности, но новые технологии и подходы позволяют значительно повысить ее уровень.

Разработка и внедрение новых систем безопасности позволяет увеличить защиту атомных электростанций, сократить риски для персонала и окружающей среды, а также уменьшить вероятность крупных аварий.

Системы безопасности на атомных электростанциях постоянно развиваются и совершенствуются, назовем наиболее актуальные направления. Идея системы мониторинга на основе искусственного интеллекта и машинного обучения состоит в возможности предсказывать состояние и остаточный ресурс оборудования до возникновения аварийной ситуации [1]. Искусственная нейросеть постоянно самообучается, совершенствуясь для более точных прогнозов. Это может позволить автоматически распознавать аномальные ситуации и предотвращать возможные аварии и террористические угрозы. Следующее направление – разработка новых датчиков. Например, сейсмодатчики, регистрирующие колебания здания реакторной установки и участвующие в обеспечении аварийной остановки реактора при землетрясениях заданной интенсивности [2].

Росатом разрабатывает проекты АЭС с реакторами нового поколения, на которых применяются так называемые «пассивные» системы безопасности, или «системы естественной безопасности». В основе этих систем лежит действие сил тяжести, тепловая конвекция и т.п., что не требует активного вмешательства персонала в случае каких-либо сбоев в работе энергетической установки. Такие реакторы невозможно вывести в режим неуправляемой цепной реакции деления [3].

Не менее важным аспектом является развитие систем управления реакторами (СУР) – современные СУР могут обеспечивать более точное управление реактором, а также автоматически реагировать на возможные нарушения в его работе. Разработка новых систем охлаждения также является приоритетом – новые системы охлаждения могут быть более эффективными и безопасными, что позволит предотвратить возможные перегревы и аварии. Например, система охлаждения водородом на АЭС используется для понижения температуры ядерного реактора путем циркуляции водорода через реакторный блок. Она обеспечивает высокую теплоотдачу и не загрязняет окружающую среду при возможных авариях.

Для пожарной безопасности устанавливаются новые системы сигнализации и пожаротушения, что помогает автоматически обнаруживать и локализовывать возможные пожары на станции. Также, развитие систем обеспечения безопасности персонала может включать в себя более эффективные системы обучения и тренировок для операторов электростанций. Согласно данным Национального управления по ядерной

безопасности США, в период с 1993 по 2019 год было зафиксировано 3 случая кражи ядерных материалов в США, но во всех случаях материалы были успешно изъяты правоохранительными органами. В 2019 году было зарегистрировано 33 инцидента, связанных с ядерным материалом, включая кражи, потери и нарушения безопасности. По данным Global Terrorism Database, с 1970 по 2019 год было зарегистрировано 70 атак, связанных с атомными установками. Большинство этих атак не были связанными с террористическими организациями, и не привели к серьезным последствиям, однако, системы безопасности этих предприятий оказались недостаточно совершенными.

Подводя итоги, хочется подчеркнуть, что применение новых систем защиты на атомных электростанциях действительно позволяет значительно повысить уровень безопасности и снизить риски возникновения разрушительных аварий. Они обеспечивают более быстрый и точный контроль над технологическим процессом на станции, а также предоставляют операторам более точную информацию о ее состоянии. Перспективы в развитии безопасности АЭС включают в себя дальнейшее улучшение технологий и применение их на существующих и новых электростанциях, поэтому этот непростой путь еще только предстоит пройти энергетикам. Внедрение новых систем на существующих станциях, а также на новых проектируемых АЭС, помогут обеспечить безопасность и эффективность их работы на более высоком уровне, а также обеспечить дополнительную защиту окружающей среды и здоровья миллионов людей.

Источники

1. Предотвратить аварии на АЭС поможет система мониторинга на основе искусственного интеллекта. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://minobrnauki.gov.ru/press-center/news/nauka/49785/> (дата обращения: 26.02.2023).

2. Борисов П.А. Сейсмодатчики для систем защиты реакторных установок АЭС / Диссертация на соискание ученой степени канд. технич. наук: 05.11.01: утв. 27.10.05. Пенза. 2005. 24 с.

3. Разработка проектов АЭС с реакторами нового поколения. Росатом [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.rosenergoatom.ru/development/innovatsionnye-razrabotki/razrabotka-proektov-aes-s-reaktorami-novogo-pokoleniya/> (дата обращения: 26.02.2023).

АНАЛИЗ АВАРИЙ НА НЕФТЕГАЗОВЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Р.А. Касымов¹, Д.В. Федоров²

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Л. Р. Гайнуллина

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ» Татарстана, г. Казань, Россия

¹denfedorov3208@mail.ru, ²st3fanchik@gmail.com

Нефтегазовая промышленность - важная отрасль экономики, но работа на нефтегазовых предприятиях имеет риск аварий, которые могут иметь серьезные последствия для окружающей среды и здоровья людей.

В статье рассматриваются причины аварий на нефтегазовых предприятиях, способы их предотвращения и вред, который они наносят экологии. Рассмотрены статистические данные об авариях в отрасли, а также вопросы безопасности людей и окружающей среды.

Ключевые слова: авария, предприятие, правила техники безопасности, оборудование, загрязнение окружающей среды.

ANALYSIS OF ACCIDENTS AT OIL AND GAS ENTERPRISES

¹R.A. Kasymov, ²D.V.Fedorov

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

¹denfedorov3208@mail.ru, ²st3fanchik@gmail.com

The oil and gas industry is an important sector of the economy, but working in oil and gas operations carries the risk of accidents that can have serious consequences for the environment and human health.

The article discusses the causes of accidents at oil and gas enterprises, ways to prevent them and the harm they cause to the environment. Statistical data on accidents in the industry, as well as issues of human and environmental safety are considered.

Keywords: accident, enterprise, safety regulations, equipment, environmental pollution.

Анализ аварий на нефтегазовом предприятии включает сбор информации, оценку последствий, идентификацию причин, разработку мер по устранению последствий, принятие профилактических мер, составление отчетности и мониторинг. Цель анализа аварий – разработка мероприятий

для заблаговременного предупреждения угроз аварий в будущем и защита окружающей среды и здоровья людей [1].

Причины аварий на нефтегазовом предприятии могут быть разнообразными и включать в себя нарушение технических параметров режимов работы оборудования и технологических процессов, нарушение правил техники безопасности и производственной дисциплины со стороны персонала, недостаточную подготовку персонала, неправильное проектирование или некачественное строительство объектов нефтегазовой инфраструктуры, естественные явления, внешние факторы, нарушение эксплуатационных правил со стороны подрядных организаций или контрагентов, технический износ и старение оборудования, нарушение экологических и геологических условий, а также нарушение процедур ремонта и технического обслуживания оборудования и инфраструктуры.

Анализ крупнейших аварий нефтегазового комплекса приведен в таблице.

Таблица 1

Причины крупнейших аварий нефтегазового комплекса [2]

Авария	Причины
Взрыв на французском танкере Limburg в 2002 г (разлив 55 тыс. т нефти)	Техническая неисправность
Топливное судно Престиж(в воды Атлантического побережья попало около 80–90 тыс. тонн нефти.)	Неполадка на борту судна - трещина на дне
Авария в пустыне Авар(утечка около 1000 тонн сырой нефти)	Неосторожное проведение ремонтных работ был поврежден трубопровод
Пожар в 1989 году на Черноморском нефтеперерабатывающем заводе в Новороссийске (погибли 10 человек)	Несоблюдение стандартов безопасности и недостаточное обслуживание оборудования.
Авария В 1994 году на Оренбургском газоперерабатывающем заводе (погибли 4 человека)	Нарушение правил безопасности при проведении сварочных работ на газопроводе.

Аварии на нефтегазовых предприятиях могут иметь серьезные негативные последствия для окружающей среды, включая загрязнение водных ресурсов, почвы и воздуха, угрозу животным и растениям, негативное воздействие на здоровье людей и повреждение экосистемы.

Для предотвращения аварий на нефтегазовых предприятиях необходимо:

- Тщательно контролировать технические процессы;
- Обеспечивать обучение и квалификацию персонала;
- Строго соблюдать правила техники безопасности;
- Проводить регулярный мониторинг оборудования и технологических процессов;
- Регулярно обновлять и совершенствовать системы безопасности [3].

Аварии на нефтегазовых предприятиях имеют серьезные последствия для окружающей среды и экономики. Однако, многие из них могут быть предотвращены, если предпринимать соответствующие меры безопасности и следовать культуре безопасности. Регулярное обслуживание оборудования, обучение персонала безопасности и соблюдение стандартов безопасности являются важными шагами для предотвращения аварий. Культура безопасности является ключевым аспектом в предотвращении аварий на нефтегазовых предприятиях, и компании должны поощрять соблюдение стандартов безопасности и обеспечивать безопасные условия труда для своих работников.

Источники

1. Шашкова, Н. А. Анализ и прогнозирование аварий на нефтегазовых предприятиях / Н. А. Шашкова // Нефтегазовое дело. 2018. № 1. С. 51-57.
2. Статья «10 крупнейших аварий НГК» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/ekologiya/547908-10-krupneyshikh-avariy-v-ngk/> (дата обращения: 02.03.2023).
3. Спиридонов, А. В. Анализ аварийности на нефтегазодобывающих предприятиях и методы снижения рисков / А. В. Спиридонов // Молодежный научный вестник. 2019. № 1 (26). С. 129-132.

УДК 621.316.9

МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ И ОБОРУДОВАНИЕ БАЗОВЫХ СОТОВЫХ СТАНЦИЙ И РАДИО ОБЪЕКТОВ ОТ ГРОЗОВЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

И.С.Майоров¹, Б.И. Закиров²

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Л. Р. Гайнуллина

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

¹ilya_mayorov_03@mail.ru, ²okhri20051@yandex.ru

В средних широтах России грозовая активность равна 40-60 - гроз в год, а это значит, что каждую секунду во время грозы происходит три молнии. По состоянию на 1 января 2020-го количество базовых и радиостанций составляло практически 800 тыс., учитывая этот факт, вероятность попадания в них молнии достаточно велика [1, 2].

Защита базовых сотовых станций и радио объектов от грозовых перенапряжений, а также защита персонала является актуальной задачей обеспечения надежности и безопасности функционирования сетей связи и оборудования.

В работе рассматривается, как можно защитить базовые сотовые станции и радио объекты от грозовых перенапряжений. Какие виды защиты существуют и какие из них наиболее эффективные.

Ключевые слова: станция, сотовые станции, методы, защита, радиопередающие

PROTECTION AND EQUIPMENT OF BASE CELLULAR STATIONS AND RADIO FACILITIES FROM LIGHTNING OVERVOLTAGES

I.S. Mayorov¹, B.I. Zakirov²

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

¹ilya_mayorov_03@mail.ru, ²okhri20051@yandex.ru

In the middle latitudes of Russia, thunderstorm activity is equal to 40-60 thunderstorms per year, which means that three lightning strikes every second during a thunderstorm. As of January 1, 2020, the number of base and radio stations was almost 800 thousand, given this fact, the probability of lightning hitting them is quite high [1, 2].

The protection of base cellular stations and radio facilities from lightning overvoltage's, as well as the protection of personnel, is an urgent task to ensure the reliability and safety of the functioning of communication networks and equipment.

In work, will consider how it is possible to protect basic cellular stations and radio facilities from lightning overvoltage's. What types of protection exist and which of them are the most effective.

Keywords: station, cellular stations, methods, protection, radio transmitters

1. Базовые сотовые станции

Базовые сотовые станции (БС) могут быть защищены от грозовых перенапряжений различными методами и оборудованием. Ниже приведены некоторые основные методы защиты БС от грозовых разрядов:

1) Установка молниезащиты: Молниезащита позволяет защитить БС от высоковольтных импульсов, которые возникают при грозах. Молниезащита включает в себя заземляющие провода и

молниеприемники, которые приводят высоковольтные импульсы на землю, защищая тем самым оборудование.

2) Использование защитных разъемов и фильтров: Защитные разъемы и фильтры помогают защитить оборудование БС от повышенного напряжения, которое может возникнуть при грозах. Эти устройства предотвращают проникновение грозовых импульсов в оборудование.

3) Регулярное техническое обслуживание: Регулярное техническое обслуживание позволяет выявлять и устранять проблемы с оборудованием БС, которые могут привести к повреждению от грозовых перенапряжений.

4) Использование подвесных молниеотводов: Подвесные молниеотводы могут использоваться для защиты высоких антенн от прямых ударов молнии. Эти устройства устанавливаются на высоте, близкой к вершине антенн.

5) Использование систем автоматического переключения: Системы автоматического переключения позволяют автоматически отключать оборудование БС от электрической сети при обнаружении повышенного напряжения или других проблем, связанных с грозовыми разрядами.

2. Радиопередающие устройства

Защита радиопередающих устройств от грозовых перенапряжений очень важна для обеспечения их безопасной работы и предотвращения повреждений, вызванных разрядами молний. Вот несколько способов защиты радиопередающих устройств от грозовых перенапряжений:

Молниезащита. Как мы упоминали ранее, молниезащита – это система, которая защищает от перенапряжений, возникающих во время грозы. Установка молниезащиты на радиопередающее устройство может значительно уменьшить риск повреждения оборудования.

Размещение устройств на безопасной высоте. Радиопередающее оборудование должно быть размещено на безопасной высоте, которая минимизирует риск попадания молнии. Это может включать установку оборудования на высоких башнях или мачтах, которые соответствуют нормам и требованиям безопасности.

Регулярное техническое обслуживание. Регулярное техническое обслуживание и проверка оборудования могут помочь выявить и устранить потенциальные проблемы, которые могут возникнуть из-за грозовых перенапряжений.

Использование электростатических разрядников. Электростатические разрядники могут быть использованы для защиты от разрядов молнии, которые могут возникнуть на антеннах радиопередающего устройства.

Для защиты радиопередающих устройств от грозовых перенапряжений важно использовать правильное заземление. Существует несколько видов заземления, которые могут быть использованы для этой цели: заземление фундамента, глубокое заземление, заземление через металлические конструкции, радиальное заземление.

Важно убедиться, что заземляющее устройство соответствует требованиям и нормам безопасности и правильно подключено к грозозащитным устройствам и радиопередающему оборудованию.

Открытое расположение мобильных радиомачт делает их уязвимыми для прямых ударов молнии. Удары молнии поблизости могут вызывать скачки напряжения и парализовать системы.

Еще один важный аспект – защита персонала, работающего с системой, во время грозы.

Подведем итог всему вышесказанному. В работе рассмотрены виды защиты базовых сотовых станций и радио объектов от грозовых перенапряжений. Важно отметить, что защита от грозовых перенапряжений является сложным процессом, который требует специальных знаний и опыта.

Нельзя выделить, что какой-то способ эффективнее всех остальных, ведь каждый из видов заземления используются в разных условиях, или же они между собой все взаимосвязаны. При отключении от системы одного из видов повышается возникновение аварийной ситуации. Однако для защиты радиопередающих устройств от грозовых перенапряжений самым эффективным является заземление фундамента, так как он предоставляет низкий импеданс заземления и требует меньших затрат на установку, чем другие виды заземления.

Источники

1. Радиовещание в России: состояние и перспективы, журнал AdIndex, [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://goo.su/LaVfn> (дата обращения: 05.03.23).

2. Определение экономической целесообразности монтажа молниезащиты базовой станции сотовой связи [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://goo.su/ulVLSH> (дата обращения: 05.03.23).

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОРОДА В КАЧЕСТВЕ АВТОМОБИЛЬНОГО ТОПЛИВА

А.Р. Миниханова

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Ю.А. Аверьянова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

minihanova2002@gmail.com

В данной работе рассматриваются перспективы и преимущества использования водорода в качестве автомобильного топлива, а также обеспечение взрыво- и пожаробезопасности при строительстве и вводе в эксплуатацию водородных заправочных станций.

Ключевые слова: водород, водородное топливо, водородная энергетика, альтернативные источники энергии, пожарная безопасность, взрывобезопасность, экология.

ENSURING THE SAFETY OF THE USE OF HYDROGEN AS A VEHICLE FUEL

A.R. Minikhanova

KSPEU, Kazan, Russia

minihanova2002@gmail.com

In this article discusses the production of hydrogen, its use in hydrogen transport, and also analyzes the possibility of building hydrogen filling stations on the territory of the Russian Federation.

Keywords: hydrogen, hydrogen fuel, hydrogen energy, alternative energy sources, fire safety, explosion safety, ecology.

На сегодняшний день актуально использование возобновляемых источников энергии, так как полезные ископаемые при интенсивном их потреблении могут быть исчерпаны в ближайшем будущем.

Почему же мы рассматриваем водород в качестве топлива для автомобилей? Связано это с тем, что традиционные источники (бензин, дизельное топливо, природный газ) оказывают не самое благоприятное воздействие на экологию. При сгорании в атмосферу попадают токсичные химические вещества: оксид углерода, углеводороды, альдегиды, диоксид

серы, сажа, бензапирен. В тоже время, при сгорании водорода образуется только пар или вода, которые не оказывают негативного влияния на окружающую среду. Да, также можно сказать и про электромобили, источником энергии которых является литий-ионные аккумуляторы, но данный вид транспорта ограничен в запасе хода по сравнению с водородными автомобилями и нуждается в долгой зарядке автомобиля. Отличительной особенностью является то, что водородные машины гибридные, так как оснащены аккумуляторами. Существует возможность переключения в зависимости от ситуации. Например, заканчивается заряд аккумулятора, переходим на водородное топливо.

В мире, в таких странах, как Китай, Германия, Япония и другие, с появлением водородных автомобилей, активно строятся водородные заправочные станции (далее ВЗС). По сравнению с вышеуказанными странами, в России ВЗС в массовом количестве отсутствуют, однако к 2025 году их планируют увеличить до количества 100. Об этом говорится в утвержденной правительством концепции по развитию производства электрического автотранспорта до 2030 года.

Так, с ростом числа ВЗС возрастает риск возникновения взрыва, связанный с физико-химическими свойствами водорода, например, взрывоопасная концентрация водорода в смеси с воздухом сохраняется в интервале от 4 % до 75 % [1]. Пожар на водородосодержащих объектах не приводит к возгоранию других пожароопасных объектов, однако его очень сложно потушить. Следовательно, необходимо обеспечить взрыво- и пожаробезопасность.

Исследования показывают [2], что на водородосодержащих объектах наибольшую опасность представляет компрессорное оборудование, имеющее значение потенциального риска, которое превышает 10^{-4} /год, следовательно, минимальное расстояние от компрессорного оборудования на ВЗС до других, не относящихся к станции, должно быть не менее 50 м.

На ВЗС должны предусматриваться и выполняться следующие меры безопасности [3]:

- защита оборудования от наезда транспорта;
- установка противопожарных экранов;
- использование датчиков дозврывоопасных концентраций;
- соблюдение исправности системы аварийного сброса давления;
- наличие спринклерной системы (установки) водяного орошения технологического оборудования, первичных средств пожаротушения и автоматической системы пожаротушения;

– совершенствование процессов получения водорода, а также методов его транспортировки и хранения.

ВЗС должна размещаться на открытой территории с бетонным покрытием, а оборудование находится под навесом из негорючих материалов [4].

Так как водород обладает высокой степенью взрыво- и пожароопасности, то важно обеспечить своевременное тушение возгораний до прибытия специализированной бригады. Обеспечить это можно с помощью системы противопожарного водоснабжения [5].

Таким образом, были рассмотрены перспективы водородного топлива, выделены требования к строительству и эксплуатации водородных заправочных станций.

Источники

1. Александрова А.А., Сердюк А.И. Экологическая и пожарная безопасность при использовании водорода в качестве автомобильного топлива // 65 ЛЕТ ДОНГТИ. Наука и практика. Актуальные вопросы и инновации. Алчевск: ДОНГТИ, 2022. С. 232-234.

2. Гордиенко Д.М., Шебеко Ю.Н. Пожарная безопасность объектов инфраструктуры транспорта на водородном топливе // Пожаровзрывобезопасность. 2022. Т. 31. № 2. С. 41–51.

3. Шебеко Ю.Н. Пожарная безопасность водородных автозаправочных станций // Пожаровзрывобезопасность. 2020. №4. С. 42-50.

4. Егоров А.А. Сравнительный анализ и перспективы обеспечения пожарной безопасности водородных заправочных станций // Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы: сб. материалов XVI международной научно-практической конференции молодых ученых: В 2-х томах. Т. 1. Минск: УГЗ, 2022. - С. 222-223.

5. Горбунов А.Г., Дьяков В.И., Ларионов В.Н., Попов Г.В., Соколов А.К., Строев В.П., Тихонов А.И., Чернов К.В. Безопасность жизнедеятельности: в вопросах и ответах, задачах и решениях. Иваново: Ивановский Государственный Энергетический Университет, 2000. 408 с.

ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ РАДИАЦИОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ НА РАДИАЦИОННО-ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

А.И. Миннегулов¹, А.Р. Зиннатуллин²

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Л.Р. Гайнуллина

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹delovoyazat@mail.ru, ²aidar2003tennis@gmail.com

В этой статье мы рассмотрим различные аспекты радиационных поражений нервной системы на радиационно-опасных объектах, включая причины их происхождения, симптомы, а также меры предосторожности, которые могут помочь снизить риск воздействия облучения на психику при таких условиях.

Ключевые слова: радиация, радиационно-опасный объект, психика и радиация, меры предосторожности при облучении, влияние радиации на психику.

PSYCHOLOGICAL CONSEQUENCES OF RADIATION EXPOSURE AT RADIATION-HAZARDOUS FACILITIES

A.I. Minnegulov¹, A.R. Zinnatullin²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

¹delovoyazat@mail.ru, ²aidar2003tennis@gmail.com

In this article, we will look at various aspects of radiation damage to the nervous system at radiation-hazardous facilities, including the causes of lesions, symptoms and treatment methods, as well as precautions that can help reduce the risk of deterioration of health under such conditions.

Keywords: radiation, radiation-hazardous object, psyche and radiation, precautions during irradiation, the effect of radiation on the psyche.

Радиационно-опасные объекты – это объекты, в которых возможно излучение или выделение радиоактивных веществ в окружающую среду, что может представлять угрозу для жизни и здоровья сотрудников, граждан, флоры и фауны данной местности. Работа на таких предприятиях может послужить причиной развития различного рода психических заболеваний в случае несоблюдения мер предосторожности, длительном контакте или работе с рентген-установками, аппаратами лучевой терапии, контактом с радиоактивными веществами в научно-исследовательских центрах.

Радиационное облучение [1] способно вызвать различные психологические заболевания, в зависимости от дозы, длительности и

характера облучения. Одним из наиболее известных и распространенных является посттравматическое стрессовое расстройство (ПТСР), возникающее после травматического события, когда человек испытывает сильный стресс и теряет чувство безопасности. Симптомы ПТСР могут включать повторные воспоминания о травматическом событии, избегание ситуаций, напоминающих о событии, расстройство адаптации, нарушения памяти и когнитивные проблемы, такие как затруднения в запоминании и обработке информации и концентрации.

Вследствие облучения могут проявиться другие травмы, например, психосоматические расстройства. Так, у ликвидаторов наиболее вероятно будут выявляться органические заболевания центральной нервной системы (59,7 %), стрессовые невротические заболевания (18,9 %), личностные и поведенческие расстройства (11,5 %) [2]. В число травм также можно включить развитие агрессивности, раздражительности, паранойи и нарушения социальной адаптации. Радиационное облучение может вызвать у людей фобию, депрессию, тревожность, панические атаки, проблемы со сном, изменения в поведении и даже суицидальные мысли.

Известно [3], что в первые годы после Чернобыльской катастрофы был отмечен значительный рост психических расстройств среди жителей Добрушского района (таблица), примерно в 2,5 раза больше, чем до катастрофы. Увеличение других видов заболеваний также было замечено, но в меньшей степени, на 15-35%.

Заболеваемость и уровень трудопотерь населения Добрушского района до и после аварии на ЧАЭС

Класс и группа болезней	Заболеваемость, число случаев		Трудопотери, дни	
	до аварии	через 2 года	до аварии	через 2 года
Психические расстройства	50	126	877	1730
Болезни нервной системы	198	266	2566	3953
Болезни системы кровообращения	208	251	3108	3740
Язвенная болезнь желудка	77	104	1748	2243
Гастрит и дуоденит	184	215	2308	2590
Травмы и отравления	542	623	12947	13847

Соблюдение мер безопасности на радиационно-опасном объекте имеет решающее значение для предотвращения воздействия вредных уровней радиации. Меры безопасности на радиационно-опасных объектах включают в себя: установку специального оборудования для контроля радиационной обстановки и обнаружения утечек токсичных веществ, разработку и внедрение мер по защите работников от воздействия радиации, включая специальную одежду, средства индивидуальной защиты и мониторинг радиационной нагрузки на работаниках, проведение регулярных инспекций и тестов на прочность оборудования и систем безопасности, строгое соблюдение правил хранения и утилизации радиоактивных веществ и отходов. Однако, как показал анализ заболеваемости и трудопотерь жертв облучения, для сохранения здоровья человека большое значение имеет психологическая безопасность, которую можно достигнуть формированием грамотности в вопросах радиационного облучения и адекватной психологической поддержки.

Какой-либо объект считается радиационно-опасным, если его работа связана с источниками ионизирующих излучений или радиоактивных материалов, которые могут оказывать негативное воздействие на здоровье людей и окружающую среду. Работа на таких объектах требует строгого соблюдения мер безопасности, которые включают контроль за радиационной обстановкой, защиту работников и оборудования, а также соблюдение правил хранения и утилизации радиоактивных веществ и отходов. Однако помимо технических аспектов радиационной безопасности, важную роль играет психологическая безопасность, которая связана с правильным пониманием и принятием мер по защите от радиации, а также обеспечением адекватной психологической поддержки работников, занятых на радиационно-опасных объектах.

Источники

1. The psychological consequences of (perceived) ionizing radiation exposure: a review on its role in radiation-induced cognitive dysfunction Collet G., Craenen K., Young W., Gilhooly M., Anderson R.M. // International Journal of Radiation Biology 96 (5). 2020.

2. Радиационные инциденты с неравномерным облучением человека / Соловьев В.Ю., Барабанова А.В., Бушманов А.Ю.// Саратовский научно-медицинский журнал. 2013 – Т.9.

3. В.Н. Полубояринов, М.Л.-Д. Ламожанов, Д.А. Землянников, Е.В. Ивченко, А.В. Мерзликин Психологические последствия пребывания людей в зоне радиационной опасности // Вестник российской военно-медицинской академии. 2014. №1(45). С. 80-83

МЕРЫ СНИЖЕНИЯ ТРАВМАТИЗМА В СФЕРЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Р.Р. Мустафин

Науч. рук. канд. хим. наук, доцент Ф.М. Филиппова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
rishatmustafin@icloud.com

В данной статье рассмотрена статистика травматизма, проанализирована юридическая сторона охраны труда и техники безопасности, предложены пути снижения несчастных случаев.

Ключевые слова: травматизм, несчастный случай, безопасность труда, электроэнергетика.

MEASURES OF REDUCING INJURIES IN THE ELECTRIC POWER INDUSTRY

R.R. Mustafin

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
rishatmustafin@icloud.com

This article reviews the statistics of injuries, analyzes the legal side of labour safety, suggests ways of reducing accidents.

Keywords: injuries, accidents, labour safety, electric power industry.

Сегодня нельзя представить работу промышленных предприятий без электрической энергии. Все это делает актуальным вопросы техники безопасности производства, охраны труда, повышения грамотности с технической стороны и квалификации работников. Механизм управления охраной труда есть комплекс организационных и экономических мер, которые направлены на соблюдение требований по технике безопасности и профилактике несчастных случаев и профессиональных заболеваний, которые установлены на законодательном уровне, с возможностью их расширения и корректировки под организационные и отраслевые нормы соответствующего объекта. В данный момент безопасность работ и охрану труда на предприятиях электроэнергетики регламентируют, минимум два главных документа – Приказ Министерства труда и социальной защиты

РФ от 24 июля 2013 г. № 328н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок» и Отраслевое тарифное соглашение в электроэнергетике на период 2022-2024 гг.

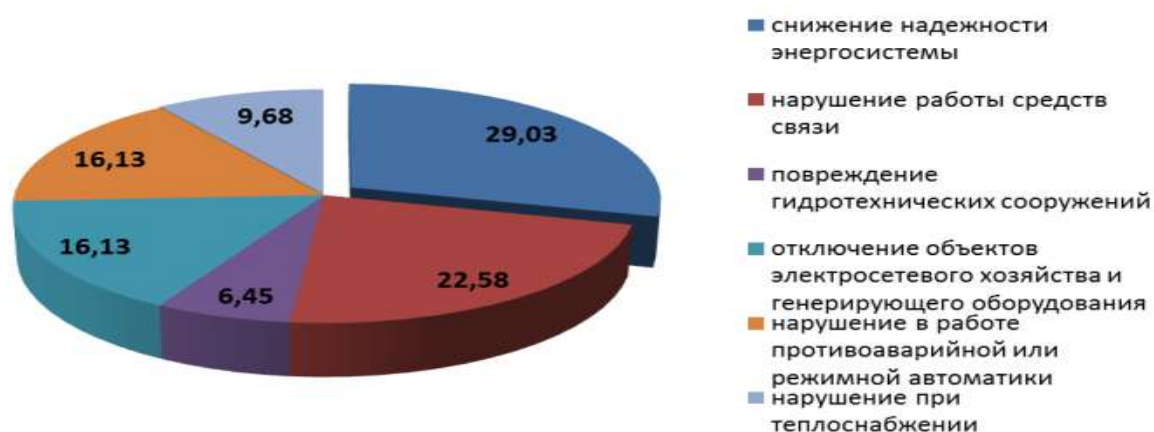
Данные указывают на то, что большее количество инцидентов приходится на оперативное обслуживание и работы по ремонту.

В 2016 г. наибольшее количество несчастных случаев произошли среди работников с наименьшим опытом (моложе 30 лет) и среди работников предпенсионного возраста (55+).

Факторы возникновения несчастных случаев связаны, как на прямую с производственной деятельностью, так и с другими воздействиями при выполнении трудовых обязанностей. Примерно 30 % несчастных случаев связано с работами на высоте и около 20 % с поражением электричеством. Не стоит забывать, что травматизм на производстве приводит к значительным убыткам как со стороны предприятий, так и со стороны государства. Поэтому, на государственном уровне постоянно ведутся работы по улучшению системы охраны труда и уменьшению производственного травматизма. Так, с начала 2014 г. с введением Федерального закона от 28 декабря 2013 г. № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» был изменен порядок оценки условий труда на рабочих местах. С 1 января 2014 г. согласно № 426-ФЗ все рабочие места работодателя подлежат особенной оценке, кроме рабочих мест тех, кто работают дистанционно, и тех трудящихся у работодателей – физических лиц, не входящих в индивидуальные предприниматели. Таким образом, трудовые условия на местах, которые связаны с работой на компьютере, эксплуатацией офисно-бытовой техники, точно также подлежат специализированной оценке. Недавно произошло ужесточение норм административной ответственности за нарушение норм по охране труда как в отношении юридических лиц, так и в отношении должностных лиц, сумма штрафов была увеличена многократно. Применение всех вышесказанных мер дало позитивный результат. Так, в производственной сфере, и в сфере распределения и передачи электроэнергии за период с 2010 по 2016 гг. количество несчастных случаев уменьшилось в два раза [1].

С 01.01.2021 по 31.12.2021 по направлению государственного энергетического надзора зафиксировано 29 аварий. Согласно постановлению Правительства Российской Федерации от 28.10.2009 № 846, в котором утверждены правила расследования причин аварий в электроэнергетике (далее - Правила), Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору расследовалось 26

аварий. Из них 2 аварии произошли в электроустановках потребителей, на тепловых электростанциях – 2, а на объектах электросетевого хозяйства – 22. В большинстве своем, к причинам аварий на электроэнергетических предприятиях за 2021 год относились: неполадки в автоматике и релейной защите; высокая степень амортизации оборудования в процессе длительной эксплуатации; наличие проектных ошибок, отклонений в процессе монтажа и эксплуатации оборудования, что влечет за собой аномальную работу средств режимной и аварийной автоматики; ошибочные действия работающего персонала, повлекшие за собой сбои в работе противоаварийной или режимной автоматики; низкое техническое обслуживание, обуславливающее последующие отказы оборудования из-за сбоев в работе релейной защиты и автоматики, перекрытия фарфоровых изоляторов, коротких замыканий; производственные дефекты оборудования, приводящие, в первую очередь, к механическим повреждениям, разрушениям оборудования и возможному возгоранию [2].



Достичь сокращения травматизма возможно при следующих условиях: максимальной вовлеченности каждого работника в вопросы охраны труда, повышения уровня культуры производства, развития эффективного диалога между работником и работодателем; повышения уровня компетенций работников в области охраны труда, улучшения законодательства. Также к дополнительным мерам изменения ситуации в лучшую сторону является и более тщательное проведение расследований произошедших аварийных случаев, и установление причин предпосылок возникновения аварий, группы лиц, действия / бездействия которых породили их возникновение и развитие [3].

Источники

1. Пуляева В. Н., Гибадуллин А.А. Формирование механизмов совершенствования охраны труда и техники безопасности на предприятиях электроэнергетики // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2017. Т. 10, № 6. С. 205-215.

2. Анализ несчастных случаев на энергоустановках, подконтрольных органам Ростехнадзора за 2021 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.szap.gosnadzor.ru/activity/energonadzor/nesc_sluch/Анализ%20Н.С.%20за%2012%20мес%202021.pdf (дата обращения: 01.03.2023).

3. Охрана труда и надежность. Охрана труда. Безопасность производства. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rosseti-yug.ru/proizvodstvennaya-deyatelnost/okhrana-truda-i-nadezhnost/> (дата обращения: 01.03.2023).

УДК 614.841.42

АНАЛИЗ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ В РОССИИ

И.Р. Нафиков¹, Р.Р. Нурутдинов²

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Л.Р. Гайнуллина

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹nafikovislam296@gmail.com, ²rinas_nurutdinov@mail.ru

В этой статье приведена статистика лесных пожаров в Российских регионах, рассмотрена причины их возникновения, их влияние на окружающую среду, экономику, здоровье человека, а также способы их предотвращения.

Ключевые слова: лесные пожары, контроль леса, правила пожарной безопасности, ущерб лесных пожаров, экономика.

ANALYSIS OF FOREST FIRES IN RUSSIA

I.R. Nafikov¹, R.R. Nurutdinov²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

¹nafikovislam296@gmail.com, ²rinas_nurutdinov@mail.ru

This article presents statistics of forest fires in Russian regions, examines the causes of their occurrence, their impact on the environment, economy, human health, as well as ways to prevent them.

Keywords: forest fires, forest control, fire safety rules, forest fire damage, economy.

Лесные пожары – серьезная проблема в России, которая в последние годы усугубилась вследствие климатических изменений и неправильного ведения лесного хозяйства. Они представляют серьезную угрозу не только природе, но и населенным пунктам [1]. Каждый год во всем мире от лесных пожаров погибают сотни людей, сгорают деревни и целые города, материальный ущерб составляет миллиарды рублей. Общая площадь лесных пожаров на землях всех категорий России с начала 2022 года по 1 сентября составила 8,96 млн га – это на 6 % меньше средних показателей за 2001-2021 гг. На покрытых лесом землях горело 5,17 млн га, что на 25 % меньше средних показателей.

Один из самых масштабных лесных пожаров в России произошел летом 2019 года в Сибири. В течение месяцев пламя охватило более 3 миллионов гектаров лесов. Ущерб от пожаров составил около 100 миллиардов рублей, включая потери лесных ресурсов, повреждения зданий и инфраструктуры, а также ущерб здоровью населения. В других регионах России также происходят лесные пожары, которые приводят к значительным потерям [2].

10 регионов, наиболее пострадавших от лесных пожаров в 2021 году

Регион	Площадь, пройденная огнем	Процент выгоревшей территории в 2021 году природных ландшафтов в регионе
Республика Саха (Якутия)	10,5 млн га	3,9%
Тюменская область	1,4 млн га	11,2%
Омская область	1,4 млн га	11,6%
Новосибирская область	885 тыс. га	5,4%
Иркутская область	648 тыс. га	0,9%
Еврейская автономная область	479 тыс. га	20%
Приморский край	476 тыс. га	3%
Курганская область	286 тыс. га	4,36%
Хабаровский край	278 тыс. га	0,4%
Магаданская область	270 тыс. га	0,6%

В России лесные пожары возникают по разным причинам, включая естественные (10%) и антропогенные (90%) факторы. Некоторые из основных причин лесных пожаров в России включают:

- Природные факторы: лесные пожары могут возникать из-за естественных причин, таких как молнии, высокие температуры, сильные ветры и засухи.

- Недостаточные меры по предотвращению пожаров. Это может включать отсутствие системы мониторинга, недостаточное количество лесных сторожевых пунктов, недостаточное финансирование на предупреждение пожаров, недостаточное количество обученного персонала и т.д.

- Неправильное использование лесных ресурсов. Например, незаконная рубка леса или строительство несанкционированных объектов в лесах может привести к накоплению сухой растительности [3].

Существующие меры по профилактике и тушению лесных пожаров недостаточно эффективны. Изучены случаи лесных пожаров России: характеристика местности, условия развития пожара, скорость продвижения кромки фронта низового пожара и т.п. Ни в одном из изученных случаев тушением фронт пожара не был остановлен [4], минерализованные полосы не смогли остановить продвижение кромки фронта пожара. Пожар перелетал заградительные полосы с горящими частицами.

Таким образом, вопрос лесных пожаров требует дальнейших исследований. И в настоящее время самым эффективным методом остается мониторинг лесных пожаров по погодным условиям, состояния леса (лесных горючих веществ), спутниковые наблюдения.

Предотвращение лесных пожаров является важной задачей для правительства, общества и каждого человека. Для этого необходимо проводить работу по охране лесов, в том числе:

- регулярное инспектирование лесных хозяйств;
- повышение эффективности системы мониторинга и реагирования на ранних стадиях пожара;
- развитие профессиональных спасательных служб, оснащенных современным оборудованием и техникой [5];

Необходимо принимать комплекс мер по предотвращению возникновения лесных пожаров, а также развивать систему мониторинга и борьбы с лесными пожарами. Каждый человек должен осознавать свою ответственность за сохранение лесов и природы в целом, чтобы обеспечить здоровье и благополучие для нашего общества.

Источники

1. Гришин А.М. О влиянии негативных экологических последствий лесных пожаров / А.М. Гришин // Экологические системы и приборы. 2003. № 4. С. 40-43.
2. Лесные пожары в Российской Федерации (состояние и последствия) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/lesnye-pozhary-v-rossiyskoy-federatsii-sostoyanie-i-posledstviya> (дата обращения: 04.03.2023).
3. Лесные пожары в России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://wildfires.strelka-kb.com> (дата обращения: 03.03.23).
4. Скорости распространения крупных лесных пожаров [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.activestudy.info/skorosti-rasprostraneniya-krupnyx-lesnyx-pozharov/> (дата обращения: 03.03.2023).
5. Охрана лесов от пожаров как важнейший элемент национальной безопасности России [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://old.forest.ru/rus/bulletin/08-09/8.html> (дата обращения: 04.03.2023).

УДК 621.316.9

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕР ПО ПОВЫШЕНИЮ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ НА ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

И.Н. Нурмухамметов

Науч. рук. канд. хим. наук, доцент Ф.М. Филиппова
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
nurmuhammetovin@mail.ru

В работе рассматривается проблема эффективности мер по повышению электробезопасности на ГЭС. Были рассмотрены риски и опасности, связанные с работой на ГЭС, а также обзор действующих нормативно-правовых документов по электробезопасности. Далее была проведена оценка эффективности мероприятий по снижению рисков и опасностей на ГЭС на основе анализа статистических данных об авариях и инцидентах.

Ключевые слова: гидроэлектростанция, электробезопасность, эффективность, оценка эффективности, аварийная ситуация.

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF MEASURES TO IMPROVE ELECTRIC SAFETY AT HYDROPOWER PLANTS

I.N. Nurmukhammetov
KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
nurmuhammetovin@mail.ru

The paper considers the problem of the effectiveness of measures to improve electrical safety at HPPs. The risks and dangers associated with working at hydroelectric power plants were considered, as well as a review of the current regulatory and legal documents on electrical safety. Further, an assessment was made of the effectiveness of measures to reduce risks and hazards at HPPs based on the analysis of statistical data on accidents and incidents.

Keywords: hydroelectric power plant, electrical safety, efficiency, efficiency assessment, emergency.

Вопрос о электробезопасности является одной из главных проблем на любом предприятии, как энергетическом, так и промышленном [1].

Цель статьи - провести оценку эффективности мер, направленных на повышение электробезопасности в гидроэлектростанциях, и определить наиболее эффективные способы снижения риска травм и аварийных ситуаций.

Гидроэлектростанции (ГЭС) являются крупными и сложными объектами энергетической инфраструктуры, на которых работают множество людей, выполняющие сложные операции. В связи с этим, на ГЭС существует ряд рисков и опасностей, которые могут привести к авариям, травмам и другим негативным последствиям.

В Российской Федерации электробезопасность на ГЭС регулируется рядом нормативно-правовых документов, которые устанавливают требования к организации работы на ГЭС, обеспечению безопасности персонала и предотвращению аварийных ситуаций.

Основные нормативно-правовые документы по электробезопасности на ГЭС:

- Федеральный закон от 21.11.1995 N 170-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов". Закон устанавливает требования к организации работы на опасных производственных объектах, включая ГЭС, в целях обеспечения промышленной безопасности [2].

- Федеральный закон от 21.07.1997 N 117-ФЗ "О безопасности гидротехнических сооружений". Закон устанавливает требования к

безопасности объектов энергетики, включая ГЭС, и предусматривает меры по предотвращению аварийных ситуаций и минимизации их последствий [3].

- Инструкции по эксплуатации оборудования ГЭС, разработанные производителями.

Все эти документы устанавливают требования к безопасности при работе на ГЭС и являются основой для разработки мер по повышению электробезопасности. Кроме того, существуют ряд специализированных нормативных документов, устанавливающих требования к безопасности на конкретных типах гидроэлектростанций.

Оценка эффективности мер по повышению электробезопасности на гидроэлектростанциях является важной задачей, направленной для обеспечения безопасности персонала, сохранения имущества и предотвращения аварийных ситуаций.

Для проверки результативности в ГЭС необходимо провести анализ показателей безопасности до и после внедрения мер, а также сравнить их с аналогичными станциями, на которых данные меры не были внедрены [4].

Показателями безопасности на гидроэлектростанциях могут быть:

- Количество аварийных ситуаций и причины их возникновения;
- Количество травм и несчастных случаев на производстве;
- Количество нарушений по электробезопасности;
- Количество и характер повреждений оборудования и имущества;
- Процент выполнения плановых работ и исполнения требований по обслуживанию и ремонту оборудования.

Оценка эффективности мер по повышению электробезопасности на гидроэлектростанциях может проводиться как внутренними службами безопасности предприятия, так и независимыми экспертами. При проведении проверки необходимо учитывать различные факторы, влияющие на производительность, такие как характеристики ГЭС, особенности эксплуатации, квалификация персонала и другие.

По статистике Ростехнадзором в рамках осуществления контрольной (надзорной) деятельности в гидротехнических сооружениях за 9 месяцев 2022 года было проведено 1 687 проверок, выявлено 6 077 нарушений. Аварий не зарегистрировано (за аналогичный период прошлого года – 2 аварии), а несчастных случаев со смертельным исходом не зафиксировано [5].

Анализ результатов показывает, что ряд мероприятий, таких как внедрение автоматизированных систем контроля и управления, обучение персонала по электробезопасности и проведение регулярных проверок

оборудования на соответствие стандартам, являются эффективными в снижении количества аварий и инцидентов на ГЭС, если сравнивать с прошлыми годами.

Источники

1. Сурова Л.В. Теоретические основы исследования опасностей //Вестник КГЭУ. 2013. № 2(17). С. 50-63.
2. Федеральный закон от 21.11.1995 N 170-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов"
3. Федеральный закон от 21.07.1997 N 117-ФЗ "О безопасности гидротехнических сооружений".
4. Методические указания по разработке программ повышения энергоэффективности и порядок проведения энергетических обследований ГЭС/ГАЭС. Утверждены Приказом ОАО «РусГидро» от 29.09.2009 № 597.
5. Федеральный государственный энергетический надзор (Профилактика нарушений обязательных требований) «Ростехнадзор». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.gosnadzor.ru/energy/safety/profilaktika-narusheniy-obyazatelnykh-trebovaniy/> (дата обращения: 01.03.2023).

УДК 331.44

РИСКИ РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Д.В. Панфилова

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Л.Р. Гайнуллина

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

dasha.panfilova.03@bk.ru

В этой статье рассмотрены наиболее распространенные сферы профессиональных заболеваний и профилактические меры, которые можно предпринять для снижения риска, также современные проблемы контроля рисков профессиональных заболеваний на производстве. Понимая риски и принимая меры по их минимизации, работодатели могут создать более безопасную рабочую среду для своих производственных работников, защитить их здоровье и способствовать их благополучию.

Ключевые слова: профессиональные заболевания, риски, развитие, управление, опасность, здоровье.

RISKS OF OCCUPATIONAL DISEASES IN THE WORKPLACE

D.V. Panfilova

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

dasha.panfilova.03@bk.ru

This article discusses the most common areas of occupational diseases and preventive measures that can be taken to reduce the risk, as well as modern problems of occupational disease risk control in the workplace. By understanding the risks and taking measures to minimize them, employers can create a safer working environment for their production workers, protect their health and promote their well-being.

Keywords: occupational diseases, risks, development, management, hazards, health.

Среди множества опасностей, с которыми сталкиваются работники на производстве, одна, которую часто упускают из виду, – это риск развития профессиональных заболеваний. Профессиональные заболевания могут иметь долгосрочные последствия для здоровья, повлиять на показатели производительности и качества жизни работников и даже привести к инвалидности или преждевременной смерти. Несмотря на это, возможность приобретения таких болезней зачастую игнорируется.

Вероятность развития заболевания у работников при выполнении трудовых обязанностей в неблагоприятных условиях есть профессиональный риск для здоровья. При этом факторы риска определяются как состояния, которые вызывают, провоцируют или увеличивают риск развития патологий [1].

Одной из важнейших задач медицины труда является выявление причинных и следственных связей расстройств с условиями труда работников. Эффективное решение этой задачи требует системного подхода с использованием методологии профессионального риска. В настоящее время во всем мире важнейшим механизмом разработки и внедрения решений, направленных на сохранение здоровья работающего населения, является концепция оценки профессионального риска [2].

Лидирующими видами деятельности по зарегистрированным случаям профессиональной заболеваемости в 2018 году (по данным Роспотребнадзора) являлись: добыча полезных ископаемых (47,5% от общего числа профессиональных заболеваний) – основную структуру патологий составляют вибрационная болезнь, нейросенсорная тугоухость и вегето-сенсорная полиневропатия; обрабатывающая промышленность (27,3%) – заболевания сердечно-сосудистой и опорно-двигательной

систем, заболевания верхний дыхательных путей; сфера транспортировки и хранения (10,5%) – различные отравления, остеохондроз, радикулит [3].

В связи с этим текущие методы контроля рисков возникновения профессиональных патологий определяют такие современные проблемы как:

- процесс контроля за рисками либо становится формальностью, либо игнорируется;
- объективная оценка случайного и комбинированного характера воздействия на работника становится невозможной;
- реализация наиболее эффективного распределения ресурсов на воплощение и работу мер и инструментов по минимизации рисков становится невозможной [4].

Для снижения вероятности профессиональных заболеваний на предприятии и устранения выше перечисленных проблем необходимо соблюдение следующих мер: гарантия и обеспечения необходимого уровня профилактики профессиональных заболеваний со стороны работодателя; отслеживание факторов риска развития патологий на отдельных предприятиях; создание информационной базы факторов риска профессиональных заболеваний, механизмов их развития и возможные меры профилактики [5].

Кроме того, снижению риска развития заболеваний в процессе труда способствует внедрение инновационных технологий в сфере средств индивидуальной и коллективной защиты. Например, все популярнее становятся промышленные фильтры-картриджи для очистки воздуха на предприятии, защитные очки с корректирующими диоптиями, перчатки из антипрокольного материала и многие другие.

В заключение следует отметить, что риски развития профессиональных заболеваний на производстве невозможно переоценить. Работодателям необходимо принимать активные меры по предотвращению и управлению этими рисками для обеспечения здоровья и безопасности своих работников. С помощью эффективных мер профилактики и контроля, таких как мониторинг факторов риска, обучение и подготовка, работодатели могут создать безопасную и здоровую рабочую среду, способствующую благополучию своих работников. Оценка профессиональных рисков должна рассматриваться как фундаментальный механизм при принятии решений по сохранению здоровья работающего населения со стороны нанимателя. Решение сформулированных проблем укрепит здоровье и обеспечит безопасность работников, а также станет

гарантией того, что рабочие места останутся безвредной и продуктивной средой для всех.

Источники

1. Наумов, И. А. Безопасность жизнедеятельности человека: учебное пособие. Гродно: ГрГМУ. 2020. 372 с.
2. Прокопенко Л.В., Соколова Л.А. Научное обоснование системы оценки и управления профессиональным риском развития заболеваний в условиях современного производства и среды обитания // Мед. труда и пром. экол. 2009. 10 с.
3. Сердцов, И. С. Управление рисками в области промышленной безопасности, охраны труда и окружающей среды // Молодой ученый. 2020. № 7 (297). С. 54-56.
4. Контарева В.Ю. Несчастные случаи, производственный травматизм и профессиональные заболевания: учебное пособие. Персиановский: Донской ГАУ. 2021. 96 с.
5. А.Г. Петров, В.А. Семенихин, Г.Т. Глембоцкая. Фармацевтическая санология как стратегический ресурс профилактики профессиональных заболеваний: монография. Кемерово: КемГМУ, 2020. 271 с.

УДК 66.074.2

ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОХРАНЕНИЯ ЗДОРОВЬЯ РАБОТНИКОВ В ОКРАСОЧНО-СУШИЛЬНЫХ КАМЕРАХ ПУТЕМ РАЗРАБОТКИ И УСТАНОВКИ НОВОГО ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО МУЛЬТИВИХРЕВОГО СЕПАРАТОРА

К.И. Разакова

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Л.Р. Гайнуллина

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

karinarazakova14@gmail.com

В работе рассмотрена проблема снижения эффективности улавливания мелких твердых частиц фильтрами в окрасочно-сушильной камере при их забивании. Для решения проблемы предлагается сепарационное устройства. Представлена трехмерная модель устройства. Описан механизм улавливания мелких частиц. Целью работы является определить эффективность устройства. Показаны параметры и их диапазоны, которые применялись в ходе расчетов. Результаты исследований показали, что при увеличении размера частиц эффективность сепарационного устройства повышается,

т.к. они легче выбиваются из упорядоченной структуры потока. Также было установлено, что эффективность данного устройства в среднем составляет около 67,2 %.

Ключевые слова: сепарационное устройство, фильтры, центробежная сила, мелкие частицы, вихрь, сепарация, безопасность жизнедеятельности работников.

ENSURING THE PRESERVATION OF THE HEALTH OF WORKERS IN THE PAINT-DRYING CHAMBERS BY DEVELOPING AND INSTALLING A NEW HIGHLY EFFICIENT MULTI-VORTEX SEPARATOR

K.I. Razakova

KSPEU, Kazan, Russia

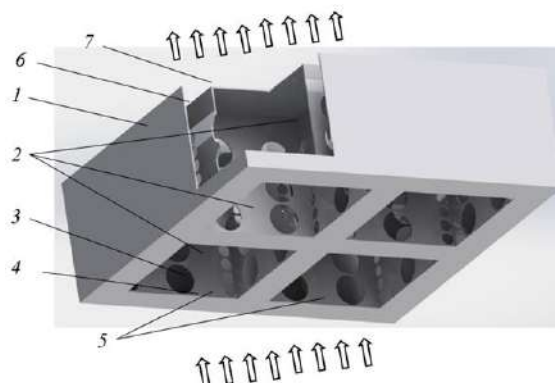
karinarazakova14@gmail.com

The paper considers the problem of reducing the efficiency of capturing small solid particles by filters in the paint-drying chamber when they are clogged. To solve the problem, a separation device is proposed. A three-dimensional model of the device is presented. The mechanism of capturing small particles is described. The purpose of the work is to determine the effectiveness of the device. The parameters and their ranges that were used during the calculations are shown. The results of the research have shown that with an increase in the particle size, the efficiency of the separation device increases, because they are more easily dislodged from the ordered flow structure. It was also found that the efficiency of this device is on average about 67.2%.

Keywords: separation device, filters, centrifugal force, fine particles, vortex, separation, life safety of employees.

При окрашивании изделий в окрасочно-сушильных камерах актуальной задачей является повышение эффективности очистки газов от мелкодисперсных частиц. При распылении лакокрасочных материалов в воздухе образуется множество мелкодисперсных частиц, которые являются опасными для работников предприятия в случае их попадания в легкие человека и могут привести к пожароопасным и взрывоопасным ситуациям непосредственно на производственном объекте. Для их улавливания используются напольные и потолочные фильтры. Однако они быстро забиваются, что приводит к снижению эффективности. Для увеличения их эффективности и срока жизни предлагается использовать сепарационные устройства, которые также будут способствовать обеспечению сохранения здоровья работников (см. рисунок) [1, 2].

Такие устройства будут устанавливаться непосредственно перед фильтрами тонкой и грубой очистки.



Модель сепарационного устройства: 1 – корпус; 2 – сепарационные элементы квадратной формы; 3, 4 – прорезы круглой формы; 5 – входное отверстие; 6 – сепарационные глухие отверстия; 7 – выход из устройства

Принцип действия заключается в образовании множества вихрей маленького радиуса в сепарационных глухих отверстиях 6. Вследствие того, что радиус вихрей мал, создаются центробежные силы высоких значений, под действием которых мелкие частицы отбрасываются к стенкам сепарационного устройства [3]. Очистка такого устройства осуществляется во время замены фильтров тонкой очистки.

Целью данной работы является определение эффективности сепарационного устройства при различном размере частиц пыли.

В ходе исследований рассматривались следующие технологические, конструктивные и физические параметры: плотность частиц 1500 кг/м^3 , ширина сепарационного устройства – 200 мм, высота сепарационного устройства – 200 мм, глубина сепарационного устройства – 70 мм, скорость потока на входе в устройство – 2 м/с.

Результаты исследований показали, что при увеличении размера частиц эффективность сепарационного устройства повышается, т.к. они легче выбиваются из упорядоченной структуры потока. Также было установлено, что эффективность данного устройства в среднем составляет около 67,2 %.

Таким образом, применение таких сепарационных устройств перед фильтрами тонкой очистки позволит, как повысить общую эффективность улавливания частиц пыли, что положительно отразится на здоровье работников, так и увеличить их срок службы.

Достоинствами сепарационного устройства является длительный срок службы, простота в использовании и эксплуатации, дешевизна, возможность создания непосредственно на предприятии.

Источники

1. Зинуров В.Э., Биккулов Р.Я., Дмитриев А.В., Дмитриева О.С., Николаев А.Н. Определение расчетной скорости газового потока в фильтрах грубой и тонкой очистки при различной степени загрязненности в окрасочных камерах // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24. № 5. С. 3-12.

2. Биккулов Р.Я., Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Дмитриева О.С., Тахавиев Т.М. Оценка эффективности мультивихревого сепаратора при улавливании мелкодисперсных частиц из газовых потоков в системе подготовки воздуха в окрасочных камерах // Вестник Технологического университета. 2023. Т. 26. № 1. С. 38-43.

3. Салахова Э.И., Дмитриев А.В., Зинуров В.Э. Исследование структуры газового потока в сепарационном устройстве с дугообразными элементами // Вестник Технологического университета. 2022. Т. 25. № 5. С. 60-64.

УДК 331.45

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА НА ПРЕДПРИЯТИИ ОБОРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

А.П. Сидорова

Науч. рук. д-р техн. наук, проф. Л.А. Николаева

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

stasya.pavl@gmail.com

Обеспечение безопасности труда на предприятии оборонной промышленности является одним из ключевых приоритетов деятельности структурной единицы производственных объектов.

Ключевые слова: оборонная промышленность, безопасные условия труда, обеспечение безопасности труда.

OCCUPATIONAL SAFETY AT THE DEFENSE INDUSTRY ENTERPRISE

A.P. Sidorova
KSPEU, Kazan, Russia
stasya.pavl@gmail.com

Ensuring occupational safety at a defense industry enterprise is one of the key priorities of the structural unit of production facilities.

Keywords: defense industry, safe working conditions, occupational safety.

Развитие оборонной промышленности в России является одним из ключевых вопросов, который тесно связан с российской внешней политикой. В условиях обострения глобальных ресурсных ограничений в отношении Российской Федерации, напряженности в военных конфликтах, необходимо учитывать потребность обеспечения национальной безопасности, защиты стратегических ресурсов страны.

Одной из наиболее высокотехнологичных и значимых сфер отечественной промышленности является оборонная промышленность, которой отводится особая роль в развитии современной экономики России, так как производство вооружения и военной техники переходит в настоящее время в новую стадию технологического развития [1]. Увеличение масштабов производства оборонной промышленности и технологическое развитие неразрывно связаны с таким понятием как обеспечение безопасности труда – одного из важнейших требований, которое должны выполнять все, так как любая деятельность потенциально опасна [2].

Предприятия оборонной промышленности относятся к категории опасных производственных объектов, поэтому вопрос обеспечения безопасности труда встает довольно остро и является основополагающим условием его успешного функционирования и формирования конкурентоспособного положения на современном рынке. Техническое усовершенствование производственного процесса и повышение стоимости оборудования, применяемого на предприятиях оборонно-промышленной отрасли предъявляют по отношению к работникам повышенные требования, выражающиеся в ответственности, соблюдении дисциплины труда. Одним из первостепенных источников обеспечения безопасности труда должно быть государство. В РФ трудовые отношения регулируются

в законодательном порядке. Основными документами в сфере обеспечения безопасности труда являются Конституция РФ, Трудовой кодекс. Трудовой кодекс регламентирует обеспечение безопасных условий труда в деятельности рабочих [3].

Показатели производственного травматизма, профзаболеваемости и условий труда относятся к основным индикаторам состояния безопасности труда. Анализ динамики производственного травматизма, по данным Росстата, Роструда, Роспотребнадзора и ФСС, показал, что в период с 2000 года по 2020 год наблюдается снижение показателей производственного травматизма. Численность пострадавших на производстве значительно сократилась в 2000 году показатель составлял 151,8 тыс. человек, а к 2020 году показатель достиг 20,5 тыс. человек, со смертельным исходом с 4,40 тыс. человек до 0,91 тыс. человек [4].

Современный этап экономического развития России тесно связан с глобализацией рынков, демографическими изменениями, высоким уровнем инновационности, быстрыми темпами прогресса информационных технологий, что и определяет векторы модернизации промышленности внедряя уникальные решения в производство и выступая вспомогательным усиливающим средством экономического роста. Обеспечение комфортной работы способствует интенсивному инновационному развитию, обеспечению лидерства компании и получению преимуществ среди конкурентов [5].

Обеспечение безопасности труда на объекте оборонной промышленности имеет большое значение, пренебрежение принципами которой часто приводит к печальным последствиям. На данный момент вопросы безопасности являются важными и актуальными для предприятий оборонно-промышленного комплекса. Поэтому совершенствование существующей системы управления охраной труда на производстве, должно являться одним из главных приоритетов социальной политики Российской Федерации.

Источники

1. Экономический потенциал ОПК [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://bstudy.net/675081/ekonomika/ekonomicheskij_potentsial_oboronno_promyshlennogo_kompleksa?ysclid=le9v6s0fkw189159957 (дата обращения: 27.02.2023)
2. Мамутова Н.С. Безопасность труда в системе безопасности труда // World of science 2022. С. 14-18.

3. Егорова А. А., Феоктистов Н. С., Ужегов А. О. Особенности безопасности условий труда на промышленном предприятии // Вестник Челябинского государственного университета. 2021. № 3 (449). Экономические науки. Вып. 72. С. 174-180.

4. Результаты мониторинга условий и охраны труда в РФ в 2020 году [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://vcot.info/uploads/researches_file/619cbdc415951343985474.pdf?ysclid=lfy6j97jkv726582187 (дата обращения: 27.02.2023)

5. Воробьева С. В., Ковалева Е. А. Развитие культуры производственной безопасности на производстве // Молодой ученый. 2023. № 3 (450). С. 88-89.

УДК 378

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТРЕНАЖЁРОВ ПРИ ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ В КУРСЕ БЖД

С.Е. Титов

Науч. рук. канд. хим. Наук, доцент Ф.М. Филиппова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

semen_titov_2003@mail.ru

В данном исследовании мы рассматривали разновидности компьютерных тренажёров, выявлены плюсы и минусы таких тренажёров, а также их влияние на обучение студентов в курсе «Безопасность жизнедеятельности» (БЖД).

Ключевые слова: БЖД, компьютерный тренажёр, VR, эффективность.

THE USE OF COMPUTER SIMULATORS IN TEACHING STUDENTS IN THE COURSE OF LIFE SAFETY

S.E. Titov

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

semen_titov_2003@mail.ru

In this study, we considered the varieties of computer simulators, identified the pros and cons of such simulators, as well as their impact on the training of students in the course "Life Safety".

Keywords: life safety, computer simulator, VR, effectiveness.

Преподаватели всегда заинтересованы в усовершенствовании подачи учебного материала, поэтому поиск новых путей преподавания остаётся актуальной задачей до сих пор. Благодаря развитию технологий сейчас появляется всё больше новых возможностей преподнести необходимую информацию студентам, используя видеоролики, интерактивные тесты, презентации и так далее. Рассмотрим некоторые разновидности компьютерных тренажёров, а также их влияние на образовательную деятельность студентов.

В первую очередь, компьютерные тренажёры предназначены для выработки у обучающихся навыков действий при определённой ситуации. Порой бывает сложно объяснить студентам какие-то моменты, связанные с чрезвычайными ситуациями (ЧС). В этой ситуации на помощь приходят компьютерные аналоги, такие как виртуальная реальность или симуляторы. Виртуальные тренажёры подразделяются на демонстрационные, которые способны моделировать определённую ситуацию, а также на контролируемые, благодаря которым человек может почувствовать себя непосредственно вовлечённым в процесс.

С помощью современных технологий можно смоделировать такие ситуации, которые в реальной жизни представляют серьёзную опасность для здоровья человека. Например, невозможно продемонстрировать человеку на реальном примере то, как ему действовать при пожаре. Благодаря VR технологиям создаётся эффект присутствия в опасной зоне, что даёт студентам возможность почувствовать себя в определённой ситуации и проработать порядок действия в данных условиях [1]. Кроме того, такие новшества повышают интерес к предмету БЖД, но у такой системы есть и минусы. Например, студентам, прежде всего, интересен сам процесс погружения в виртуальную среду, чем обучение. Таким образом, для того, чтобы использование VR технологий производило не только развлекательный, но и познавательный эффект, нужно уделять большое значение дидактическим и методическим материалам, которые в свою очередь будут сопровождаться виртуальным погружением [2].

Другим компьютерным тренажёром можно считать использование онлайн тестов. Онлайн тесты в первую очередь используются для проверки знания обучающихся, однако их проведение заставляет студентов подготовиться к занятию для получения лучшей оценки. К примеру, при проведении проверки знаний с помощью компьютерного теста было обнаружено, что около трети студентов не могут воспроизвести информацию, которая была заключена в тестах, и при устном опросе не

смогли ответить даже на половину вопросов. Для исключения этого, можно увеличить количество попыток и настроить программу на разъяснение того, почему определённый ответ правильный, чтобы студент сразу понял свою ошибку. Кроме того, использование таких онлайн площадок для проведения тестов, как LMS Moodle, позволяет преподавателю отслеживать уровень подготовки студентов и даёт возможность гибко планировать учебный процесс, в результате чего повысить его эффективность [3].

Таким образом, применение компьютерных тренажёров, при должном умении их использования, повышает эффективность работы студентов, позволяет моделировать ситуации повышенной опасности, а также делает процесс обучения более увлекательным. Кроме того, такой вид работы позволяет преподавателям отслеживать деятельность студентов, выяснять, какие темы вызвали трудности. Компьютерные тренажёры признаются перспективными и рекомендуются к использованию.

Источники

1. Чурин В.В., Остроух А.В. Сравнительный анализ компьютерных тренажеров для подготовки рабочих дорожно-строительных профессий // Молодой ученый. 2011. № 9(21). С. 131-148.

2. Центр НТИ ДВФУ VR AR. Перспективы использования VR при изучении дисциплины «Основы безопасности жизнедеятельности» в общеобразовательной школе. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://vc.ru/u/705217-centr-nti-dvfu-vr-ar/207402-perspektivy-ispolzovaniya-vr-pri-izuchenii-discipliny-osnovy-bezopasnosti-zhiznedeyatelnosti-v-obshcheobrazovatelnoy-shkole> (дата обращения: 07.03.2023)

3. Залесский М.Л. Педагогические возможности электронного тестирования // Образовательные технологии. Москва. 2019. №4. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/pedagogicheskie-vozmozhnosti-elektronnogo-testirovaniya> (дата обращения: 08.03.2023).

АНАЛИЗ ОБСТОЯТЕЛЬСТВ И ПРИЧИН НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА МАСЛОЭКСТРАКЦИОННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

А.С. Тогулева

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Р.Ф. Шакуров

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

toguleva99@mail.ru

В Трудовом кодексе РФ регламентирован порядок расследования и учета несчастных случаев на производстве. В статье проанализированы обстоятельства и причины несчастных случаев на маслоэкстракционном предприятии. На основании анализа выделены основные причины несчастных случаев.

Ключевые слова: несчастный случай, охрана труда, травматизм, предприятие, причины несчастного случая.

ANALYSIS OF THE CIRCUMSTANCES AND CAUSES OF ACCIDENTS AT OIL EXTRACTION PRODUCTION

A.S. Toguleva

KSPEU, Kazan, Russia

toguleva99@mail.ru

The Labor Code of the Russian Federation regulates the procedure for investigating and recording industrial accidents. The article analyzes the circumstances and causes of accidents at the oil extraction enterprise. Based on the analysis, the main causes of accidents were identified.

Keywords: accident, labor protection, traumatism, enterprise, causes of an accident.

На маслоэкстракционном предприятии производят высококачественное подсолнечное и рапсовое масла, а также шрот, являющийся продуктом при производстве растительных масел и неотъемлемым компонентом в производстве высокопротеиновых комбикормов и лузгу. Лузга – продукт переработки подсолнечника. Области применения лузги: альтернативное топливо в котельных, сырьё для гидролизной промышленности, получение биогаза, удобрение и улучшитель свойств.

Закон № 125-ФЗ определяет несчастный случай на производстве как событие, из-за которого сотрудник получил ущерб здоровью в ходе выполнения им трудовых обязанностей и результатом которого стали перевод на другую работу, потеря трудоспособности или смерть [1].

Проанализируем обстоятельства и причины отдельных характерных несчастных случаев на производстве.

Происшествие на железнодорожном транспорте. При проведении маневровых работ на тепловозе диспетчер не предупредил контролера КПП о необходимости открыть ворота. Машинист тепловоза не убедился в свободности железнодорожного пути при подъезде к воротам КПП №4. Контролер КПП находился на железнодорожных путях. Машинист тепловоза применил экстренное торможение, но из-за массы тепловоза наезд на контролера КПП предотвратить не удалось. В результате ворота были повреждены, контролер КПП получил травму ноги. Причины несчастного случая [2]:

- неудовлетворительная организация производства работ, а именно ненадлежащий контроль со стороны диспетчера по соблюдению работниками правил безопасности движения, охраны труда;

- нарушение требований безопасности при эксплуатации транспортных средств, выразившееся в не соблюдении требования п. 98 «Правил технической эксплуатации железных дорог РФ – при ведении поезда машинист и его помощник обязаны следить за свободностью железнодорожного пути.

Дорожно-транспортное происшествие. Водитель-экспедитор грузового автомобиля не справился с управлением и совершил столкновение с автомашиной КАМАЗ, который производил дорожные работы. В свою очередь, автомашина КАМАЗ по инерции совершила столкновение на стоящий впереди экскаватор, который убирал снежный вал с откоса. В результате столкновения водитель-экспедитор получил телесные повреждения. Причины несчастного случая [2]:

- нарушение пункта 9.10 ПДД, не выбрал дистанцию до движущегося транспортного средства, которая позволила бы избежать столкновение;

- нарушение пункта 10.1 ПДД, не учел при этом интенсивность движения, особенности и состояние транспортного средства и груза, дорожные и метеорологические условия, в частности, видимость в направлении движения и скорость, которая должна обеспечивать водителю возможность постоянного контроля над движением транспортного средства для выполнения требований Правил, а при возникновении

опасности для движения не принял возможные меры к снижению скорости вплоть до остановки транспортного средства.

- нарушение требований безопасности при эксплуатации транспортных средств.

Падение при разности уровней высот. Водитель-экспедитор упал с приставной лестницы при пологовании полуприцепа. Водитель-экспедитор упал с приставной лестницы, когда спускался с полуприцепа после чистки тента от снега метелкой. Причины несчастного случая [2]:

- неудовлетворительная организация производства работ, выразившаяся в не соблюдении правил по охране труда и не обеспечении работодателем безопасных условий труда в части исключения возможности сдвига и опрокидывания приставных лестниц при работе в нарушение п.169, 177 Приказа Минтруда России от 16.11.2020 №782н «Об утверждении Правил по охране труда при работе на высоте», ст. 212 ТК РФ ;

- допуск водителя-экспедитора грузового автомобиля к выполнению работ без обучения безопасным методам и приёмам выполнения работ на высоте, а также внеочередной проверки знаний требований охраны труда в связи введением новых правил по охране труда [4];

- использования металлической лестницы (длина – 2,9 м) при установлении тента на полуприцеп с габаритными размерами: длиной – 10000-15500 мм; шириной – 2550 мм; высотой – 4000 мм в отсутствие на нижних концах оковок с острыми наконечниками для установки на грунте;

- отсутствие в Инструкции по охране труда водителя-экспедитора грузового автомобиля безопасных методов и приёмов выполнения при установлении и расчехлении тента автомобиля с прицепом (габаритные размеры: длина – 10000-15500 мм; ширина – 2550 мм; высота – 4000 мм) с учётом использования приставных лестниц;

- отсутствие системы управления охраны труда (СУОТ), в том числе не идентифицирована опасность падения с высоты при использовании приставных лестниц, не организована процедура управления профессиональными рисками; не установлен порядок реализации следующих мероприятий по управлению профессиональными рисками: выявление опасностей, оценка уровней профессиональных рисков, снижение уровней профессиональных рисков [3].

Падение на поверхности одного уровня в результате спотыкания. Машинист рушально-веечных установок при выполнении ремонта

ковшового элеватора-нории решил сократить путь и пролезть через транспортер. Высота транспортера 82 см. При переходе через транспортер споткнулся на угольник на полу. Угольник – это крепежная конструкция на нории. При падении машинист рушально- всечных установок получил удар в голову и спину. Причина несчастного случая [2]:

- нарушение работником трудового распорядка и дисциплины труда [3].

Падение при разности уровней высот (со ступеней). Инженер КИПиА при спуске на лестничном марше через проходную галерею поскользнулся и упал на спину на ступеньки. Ступеньки лестничного марша имеют рифленую поверхность, но слегка изношенные. Причина несчастного случая [2]:

- неудовлетворительное техническое состояние зданий, сооружений, территории;
- нерациональная организация труда.

Исходя из анализа данных несчастных случаев, можно сделать вывод, что основными причинами несчастных случаев являются нарушения требований безопасности при эксплуатации транспортных средств; неудовлетворительное техническое состояние зданий, сооружений, территории; нерациональная организация труда.

Источники

1. Графкина, М.В. Охрана труда. Автомобильный транспорт: Учебник / М.В. Графкина. М.: Academia. 2018. 432 с.
2. Журнал регистрации несчастных случаев на маслоэкстракционном предприятии, 2022 г.-2 стр.
3. Система управления охраной труда [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.mtchr.ru/chto-takoe-sistema-upravlenija-ohranoj-truda/> (дата обращения: 22.02.23).
4. Михайлов, Ю.М. Охрана труда при работах на высоте. / Ю.М. Михайлов. М.: Альфа-Пресс. 2016. 176с.

ПРИЧИНЫ И СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ОТ ЭЛЕКТРОТРАВМАТИЗМА ЧЕЛОВЕКА НА ПРОИЗВОДСТВЕ

В.Р. Федорова^{1,2}

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Ю.А. Аверьянова

¹ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

²Филиал АО «СО ЕЭС» РДУ Татарстана, г. Казань, Россия

^{1,2}Fedorovaviktoria@icloud.com

В статье представлены причины поражения человека электрическим током на производственном предприятии, рассмотрены последствия электротравматизма и способы его предотвращения.

Ключевые слова: электрический ток, причины, последствия, электрическая травма, защита, производства, ток утечки.

CAUSES AND METHODS OF PROTECTION OF HUMAN ELECTRICAL INJURIES IN THE WORKPLACE

V.R. Fedorova^{1,2}

¹KSPEU, Kazan, Russia

²RDO Tatarstan, Kazan, Russia

^{1,2}Fedorovaviktoria@icloud.com

The article presents the causes of human electric shock at a manufacturing enterprise, considers the consequences of electrical injuries and ways to prevent it.

Keywords: electric current, causes, consequences, electric injury, protection, production, leakage current.

Со временем можно заметить, как возросла необходимость в повышении общего уровня безопасности электроустановок, а также всего обслуживающего их персонала. Одними из основных факторов, приводящих к подобному развитию событий, являются экономическое развитие и увеличение объемов промышленного производства в нашей стране из-за растущего потребления соответствующих видов энергии [1].

По статистическим данным около 17 % травм на производстве получены от воздействия электрического тока. Основными причинами

таких травм на предприятии являются использование непригодных установок под напряжением, нарушение изоляции электрических проводов оборудования, умышленное или непреднамеренное нарушение требований знаков безопасности в местах возможной подачи напряжения.

Для предотвращения электротравм со стороны работников предприятия необходимо: обучать сотрудников безопасным методам работы; направлять их на медицинское освидетельствование; использовать средства защиты и знаки безопасности; проводить своевременный осмотр электроустановок на предмет повреждения изоляции, исправности заземления [2].

Среди причин поражения электрическим током ток утечки наименее известен обычным гражданам. Утечка тока – это ток потерь, есть всегда из любого провода под напряжением. Возникает ток утечки согласно закону Ома. Исходя из формулы закона, ток будет всегда проходить через изоляцию проводника при контакте наружной поверхности изоляции провода под напряжением с другим заземлённым проводником. Это явление и называется утечка тока, которая ведёт к потере электроэнергии в зоне ответственности энергопотребителя. Состояние (сопротивление) изоляции электрических проводов, как правило, величина не постоянная и чаще всего сопротивление изоляции электрическому току со временем падает. Причины этого могут быть нарушение режимов эксплуатации, то есть провод подвергался перегрузке которая нарушает и разрушает изоляцию провода вследствие нагрева выше расчетного токоведущих жил. Причиной изменения сопротивления изоляции в сторону уменьшения может быть и превышение допустимого срока службы проводов. Частые варианты уменьшения и нарушения изоляции проводов – механические повреждения изоляции. В связи с перечисленными и другими причинами сопротивление изоляции падает и увеличивается сила утечки тока. Это приводит к тому, что пользователь того или иного электрического агрегата начинает замечать разряды электрического тока при соприкосновении с корпусом машины. В некоторых случаях пользователь такого агрегата может долго не замечать проблемы, если его тело изолировано от электрического контакта с землёй. Но стоит хоть раз одновременно соприкоснуться человеку с корпусом машины и какой-либо заземляющей конструкции, например батареи отопления, металлических фановых труб и чувствительный разряд тока скажет, что имеются определённые неполадки [3].

Для защиты от утечки тока используют различного рода устройства, одно из которых называется прерыватель цепи для защиты от тока утечки.

Изобретение относится к прерывателю цепи для защиты от тока утечки, содержащему: по меньшей мере два полюса, содержащих первый полюс и второй полюс, которые расположены рядом друг с другом; и испытательный механизм, выполненный по меньшей мере частично между первым полюсом и вторым полюсом и выполненный с возможностью включения или выключения испытательной схемы для проверки эффективности прерывателя цепи для защиты от тока утечки. Техническим результатом является обеспечение возможности установки прерывателя цепи для защиты от тока утечки в ограниченном установочном пространстве [4].

Из всего, сказанного выше, можно сделать вывод о том, на производстве крайне необходимо усиливать электробезопасность и с особым вниманием подходить к состоянию электрооборудования, что избежать, порой, не поправимых последствий, которые наносит электрический ток.

Источники

1. Тихонов В.И., Капустина Д.А., Чернокозов В.А. Электротравматизм на производстве. Методы предотвращения и профилактики // Студенческие научные исследования: сборник статей IX Междунар. науч.-практич. конф. в 2 ч. Пенза, 2021. Т.2, С. 19-22.

2. Плотникова Е.Ю. Поражение человека электрическим током: причины, факторы // Современные научные исследования и инновации. 2020. № 8. С. 2.

3. Титов К.В. Ток утечки. Опасность поражения, причины и последствия // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Современные методы и технологии предупреждения и профилактики возникновения чрезвычайных ситуаций: материалы XI Всероссийской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 27 сентября 2019 года. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий. 2019. С. 236-238..

4. Прерыватель цепи для защиты от тока утечки: патент 2741568 С1 Рос. Федерация № 2020109708 / В. Цю, Х. Ван; заявитель ШНЕЙДЕР ЭЛЕКТРИК ЭНДЮСТРИ САС; заявл. 06.08.2018; опубл. 27.01.2021.

ВЛИЯНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ШУМА НА ТОЧНОСТЬ РАБОТ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

М.А. Шакиров

Науч. рук. канд. хим. наук, доцент Ф.М. Филиппова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

shakirov.ma@bk.ru

Данная работа посвящена влиянию промышленного шума на точность работ на производстве. Установлено, что длительное воздействие шума отрицательно воздействует на организм работников на промышленном предприятии, развиваются тугоухость, снижается внимание и концентрация, что негативно воздействует на качество работы. Для избежания подобных последствий необходимо предпринимать мероприятия по снижению шума.

Ключевые слова: промышленный шум, профессиональные навыки.

THE INFLUENCE OF INDUSTRIAL NOISE ON THE ACCURACY OF WORK IN PRODUCTION

M.A. Shakirov

KSPEU, Kazan, Russia

shakirov.ma@bk.ru

This work is devoted to the influence of industrial noise on the accuracy of work in production. It has been established that noise prolonged exposure to noise negatively affects the body of workers at an industrial enterprise, hearing loss develops, attention and concentration decreases, which negatively affects the quality of work. To avoid such consequences, it is necessary to take measures to reduce noise.

Keywords: industrial noise, professional skills.

Одной из важнейших целей промышленности является оптимизация производственных процессов, повышение эффективности труда работников без ущерба для их здоровья. Работа на промышленном предприятии из-за сложности требует высокого уровня квалификации, при этом работы выполняются в неблагоприятных условиях, таких как высокая температура, влажность воздуха или шум, что может отрицательно сказаться на здоровье и производительности работников.

Промышленный шум – это одна из главных проблем, с которой сталкиваются работники промышленных предприятий. В производственной системе присутствуют механические, электромагнитные, гидродинамические и аэродинамические шумы. Источниками промышленного шума являются различные процессы, которые вызывают возмущение среды [1]. Эти процессы включают: взаимодействие элементов механической системы производственного оборудования, колебания деталей и элементов электромеханических устройств под действием электромагнитных полей; взаимодействие воздушных потоков в газах различные процессы в жидкостях. Шум на производстве может достигать очень высоких уровней и иметь серьезные последствия для здоровья работников, оказывая вредное воздействие не только на слуховые органы, то и на весь организм. Снижается бдительность и концентрация, негативное влияние оказывается и на центральную нервную систему, снижается точность и качество работы на производстве [2]. В итоге шум может привести к увеличению количества брака и ошибок на производстве, что может привести к экономическим потерям. Однако, воздействие шума также зависит от ряда факторов, включая характер шума и тип выполняемой задачи [3].

Основным последствием длительного воздействия шума является медленное снижение слуха и развивающаяся тугоухость. Особое влияние шума на организм оказывается в сочетании его с химическими веществами и физическими факторами окружающей среды. Сочетание двух или более факторов приводит к более выраженным изменениям органов слуха, нервной системы и органов кровообращения [2]. Также это может привести к увеличению числа несчастных случаев на производстве.

Из этого следует, что необходимо предпринимать меры по снижению уровня шума на промышленных предприятиях. Такие мероприятия можно разделить на три вида: организационные, планировочные, технические. Организационные мероприятия заключаются в снижении шума, путём изменения технологического процесса, за счёт применения менее шумного оборудования. Планировочные мероприятия используются проектируемых и реконструируемых объектах. Технические решения направлены на уменьшение шума от источников его излучения. Основными видами таких решений будут являться облицовка потолка, стен, пола; установка акустических экранов; использование наушников и других индивидуальных средств защиты; размещение поглотителей звука; ремонт изношенного оборудования [2].

В каждом случае мероприятия по снижению шума нужно исходя из условий на данном предприятии таких как размеры помещения, уровень шума и тип используемого оборудования, так как принятые меры не должны мешать нормальной работе оборудования, препятствовать свободному проходу и обеспечивать доступ работников к оборудованию.

Таким образом, промышленный шум является серьезной проблемой для точности работы на производстве. Для уменьшения негативных последствий шума на работников и производительность на производстве, необходимо принимать соответствующие меры и использовать соответствующие средства защиты.

Источники

1. Gvozdikova S. I., Shvartsburg L. E. Analysis of sources and methods for reducing noise by minimizing vibrations of engineering technological processes //Procedia Engineering. – 2017. – Т. 206. – С. 958-964.

2. Савельев, А. П. Инженерные решения по защите работников от повышенного шума / А. П. Савельев, С. А. Савельева, А. Н. Скворцов // Охрана и экономика труда. – 2015. – № 4(21). – С. 34-41.

3. Nassiri P. et al. The interactive effect of industrial noise type, level and frequency characteristics on occupational skills //Performance Enhancement & Health. – 2014. – Т. 3. – №. 2. – С. 61-65.

УДК 614.87

ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ УЯЗВИМОСТИ ЧЕЛОВЕКА И ОБЩЕСТВА ОТ ТЕХНОГЕННЫХ КАТАСТРОФ

К.А. Шарифулина¹, В.С. Медякова²

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Л.Р. Гайнуллина

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹ sharifulina.k@yandex.ru, ² medyakova.08@gmail.com

В статье проведены исследования причин техногенных катастроф. Рассмотрены факторы, которые влияют на увеличение их количества. Определены основные причины возрастания уязвимости человека, а также были затронуты вопросы уменьшения вероятности возникновения аварий.

Ключевые слова: катастрофа, техника, природа, человек, перспективы, ликвидация.

THE MAIN REASONS OF VULNERABILITY OF MAN AND SOCIETY FROM MAN-MADE DISASTERS

K.A. Sharifulina¹, V.S. Medyakova²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

¹ sharifulina.k@yandex.ru, ² medyakova.08@gmail.com

The article studies the causes of man-made disasters. The factors that influence the increase in their number are considered. The main reasons for the increase in human vulnerability were identified, and the issues of reducing the likelihood of accidents were also raised.

Keywords: catastrophe, technology, nature, man, prospects, liquidation.

В настоящее время возрастает количество техногенных катастроф, которые являются следствием технических сбоев систем, приводящие к гибели большого количества населения. Согласно энциклопедическому словарю техногенная катастрофа определяется как катастрофа, последствия которой являются тяжелыми для окружающей среды и человека. Сам процесс, как правило, возникает хаотично и последствия повреждений требуют длительного времени на восстановление. Результатами катастроф становятся продолжительные кризисы, которые затрагивают социальную и экономическую сферу [1].

По статистике [2] за последние 60-70 лет число ЧС техногенного характера в год выросло в среднем в 3 раза, экономические потери выросли в 10 раз, число жертв – в 2,5 раза. Это вызвано усложнением технологий, расширением производственных мощностей и т.п. За 2021 год в России произошло 190 техногенных катастроф, вследствие которых погибло 505 человек, а 1836 пострадали (таблица).

Статистика техногенных катастроф

Количество ЧС, ед.		Погибло, чел.		Пострадало, чел.		Спасено, чел.		Материальный ущерб, млн. руб.	
2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.	2020 г.	2021 г.
167	190	322	505	1727	1836	859	893	151116,8	1324,013

Существует ряд факторов, которые влияют на увеличение вероятности появления техногенной катастрофы. К ним можно причислить: человеческий фактор, устаревшее оборудование, износ техники, малая и недостаточная подготовка населения, халатность при

соблюдении нормативно-правовых актов, стихийные бедствия (землетрясения, наводнения, пожары и т.д.) [3]. Количество техногенных катастроф на различных уровнях приведены на рисунке. Данная статистика показывает необходимость повышения мер безопасности на локальном и муниципальном уровнях.



Количество ЧС техногенного характера

Уязвимость человека и общества в целом от последствий таких катаклизмов связана со следующими основными причинами [4]:

- 1) несоответствие в принятии и исполнении мер по предотвращению аварий и катастроф;
- 2) вероятно опасные объекты располагаются вблизи городов (пригородов);
- 3) в городах, где довольно большая численность населения, затрудняется процесс эвакуации в случае ЧП;
- 4) недостаток, либо отсутствие, нужного количества систем оповещения.

В памяти истории хранятся воспоминания о множестве произошедших техногенных катастроф. Пожалуй, самое известное событие из таких в СССР – авария на Чернобыльской АЭС, которое стало важным толчком в развитии безопасности в атомной энергетике. Были разработаны различные нормативно-правовые документы и акты, а также между странами заключены соглашения на случай возникновения катастрофы. Принятые меры оказали значительное влияние на

безопасность, но все же вероятность возникновения аварий остается относительно высокой [5].

Подводя итог, можно сказать, что и в настоящее время остается большая вероятность возникновения техногенных угроз. Улучшить статистику техногенных аварий возможно при правильном соблюдении техники безопасности, качественном и независимом контроле за предполагаемо опасными объектами, доработки уже существующих документов и правил, а также дополнении их новыми требованиями [1].

Источники

1. Лопатин А.В. Техногенные катастрофы и их влияние на общество, государство и личность: проблемы и перспективы // Вопросы безопасности. 2019. № 5. С. 1-6.
2. Что представляет собой чрезвычайная ситуации техногенного характера [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://stavto.ru/articles/tekhnogennye-chrezvychaynye-situatsii-prichiny-i-posledstviya/> (дата обращения: 05.03.23).
3. Шаповалова И.С. Техносфера России: проблемы развития и риски // Вестник Института социологии. 2016. № 18. С. 112-137.
4. Артеменко О.Г. Современные подходы к предупреждению и предотвращению техногенных катастроф // Территория науки. 2018. № 3.
5. Волкова А.А. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: учебное пособие. Екатеринбург: изд-во Урал. ун-та. 2017. С. 215.

УДК 331.45

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

С.И. Юнусова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

oiblaaat@gmail.com

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Ю.А. Аверьянова

В статье рассмотрено влияние тока на организм человека. Приведено отрицательное и положительное влияние. Так же подробно рассмотрено воздействие и последствия удара электрическим током.

Ключевые слова: ток, жизнь человека, опасность, воздействие электрического тока на организм человека.

THE EFFECT OF ELECTRIC CURRENT ON THE HUMAN BODY

S.I. Yunusova
KSPEU, Kazan, Russia
oiblaaat@gmail.com

This article discusses the effect of current on the human body. Negative and positive effects are given. The effects and consequences of the current are also considered in detail.

Keywords: current, human life, danger, effects of electric current on the human body.

Электрический ток является достаточно губительным для организма человека, но если подумать, то его воздействие может быть как благоприятным, так и неблагоприятным. Положительной стороной воздействия является использование тока в медицинских целях, т.е. электротерапия. Она используется в реабилитационных и профилактических целях. Отрицательное влияние электрического тока проявляется в виде термических ожогов, сильнейшего биовоздействия, электролиза и разрушительного механического повреждения. Влиянию электрического тока подвержены все люди, поражение не определяется ни полом, ни возрастом, но есть определенные факторы (например, психоэмоциональное состояние человека, опьянение и т.д.), которые влияют на протекание реакции при ударе током.

Поражение электрическим током может вызвать немедленные физиологические изменения и даже привести к летальному исходу. В зависимости от рода и силы тока на человека он может оказать разнообразное воздействие. Так, например, термическое воздействие выражается в ожогах, электролитическое в разложении крови и других жидкостей в организме, биологическое действие проявляется в раздражении и возбуждении пораженной кожи человека.

При электротравме наблюдается поражение органов и тканей тела. Это могут быть ожоги различной степени, механические повреждения. Даже длительное воздействие слабого электрического тока также может иметь последствия для организма. Низкочастотные токи могут вызывать такие же симптомы, как и при электротравме, а также тошноту, боль в груди и дискомфорт в конечностях.

Закономерности, связанные с различными видами тока, устанавливаются при различных исследованиях, но большинство из них косвенны. Для исследования прямого влияния тока на организм человека разработали экспериментальную процедуру - «электрофизическая диагностика и контроль», что особенно важно в производственных условиях для персонала, обслуживающего электроустановки.

Электропроводимость человека сильно зависит от психологических факторов. Поскольку электропроводимость показывает реакцию человека на минимальное и мгновенное раздражение, психологическое состояние человека может значительно повлиять на его электропроводимость. Негативные эмоции, такие как страх и отвращение, приводят к уменьшению электропроводимости.

Существуют факторы, влияющие на степень поражения током. Были установлены токовые пороги для переменного тока: пороговые ощущения. Самый малый ток, под действием которого уже человек не может освободиться – 10-20 мА; 80-100 мА уже является пороговым фибрилляционным током, который вызывает судорожные сокращения сердечных волокон.

Хочу еще раз отметить, что нужно соблюдать требования и технику безопасности на производстве при эксплуатации электроустановок, а также в быту при использовании соответствующей техники. Т.к. это является одной из причин электротравматизма – неудовлетворительное качество обучения населения основной технике безопасности на местах с электропроводящим объектом.

Источники

1. Гуревич В.И. ЭМИ ЯВ и его воздействие на электроэнергетические системы: стандарты и отчеты // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2016. № 7-8. С. 97-104.
2. Савина Н. В., Лисогурский И.А., Лисогурская Л.Н. Выбор схемных и технических решений для улучшения качества электроэнергии в адаптивных сетях с тягой переменного тока // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 3. С. 42-54.
3. Костинский С.С. Обзор и результаты исследований гармонического состава тока, потребляемого преобразователями частоты малой мощности, а также способов и устройств для снижения их негативного влияния на системы электроснабжения // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22, № 2. С. 27-42.
4. Васильев Д.А., Пантелеева Л.А., Грачева Е.И. Оптимизации режима работы асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 6. С. 92-101.

СЕКЦИЯ 11. ЭНЕРГОРЕСУРСОЭФФЕКТИВНЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ И НЕФТЕГАЗОПЕРЕРАБОТКЕ

УДК 536.24

ФИЗИЧЕСКОЕ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАГРЕВА ЖИДКОСТЕЙ ПАРОМ В ПЛАСТИЧАТОМ ТЕПЛООБМЕНИКЕ

А.А. Ахмитшин

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор А.Г. Лаптев
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
tvt_kgeu@mail.ru

Приведены результаты экспериментального исследования и расчетов по математической модели процесса сопряженного тепломассообмена в пластинчатом теплообменном аппарате при нагреве воды и масла водяным паром. Эксперименты выполнялись на макете пластинчатого теплообменника с размерами 430x260x92 мм на системе пар-вода. Даны экспериментальные значения температурного режима, потока теплоты и коэффициента теплоотдачи. Рассмотрена возможность интенсификации теплообмена за счет поверхностных интенсификаторов в каналах с водой, а также с индустриальным маслом. Установлено повышение коэффициента теплопередачи в несколько раз за счет турбулизации течения масла.

Ключевые слова: тепломассообмен, конденсация пара, сопряженный процесс, пластинчатый теплообменник

PHYSICAL AND MATHEMATICAL MODELING OF THE PROCESS OF HEATING LIQUIDS BY STEAM IN A PLATE HEAT EXCHANGER

A.A. Akhmetshin

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
tvt_kgeu@mail.ru

The results of an experimental study and calculations based on a mathematical model of the process of coupled heat and mass transfer in a plate heat exchanger when water and oil are

heated by water vapor are presented. The experiments were carried out on a model of a plate heat exchanger with dimensions of 430x260x92 mm on a steam-water system. Experimental values of the temperature regime, heat flux and heat transfer coefficient are given. The possibility of intensification of heat exchange due to surface intensifiers in channels with water, as well as with industrial oil, is considered. An increase in the heat transfer coefficient by several times due to turbulence of the oil flow has been established.

Keywords: heat and mass transfer, steam condensation, conjugate process, plate heat exchanger.

Процессы нагревания или охлаждения различных сред при конденсации и испарении применяются в различных химико технологических процессах нефтехимии, нефтегазопереработке и в теплоэнергетике на тепловых станциях. Исследованию явлений переноса импульса, массы и энергии при конденсации сред посвящены многочисленные работы, различных авторов [1-3] и др. Несмотря на выполненные теоретические и экспериментальные исследования процессов пленочной конденсации сопряженный тепломассообмен с учетом неизотермического течения пленки конденсата и пара изучен недостаточно полно.

Экспериментальные исследования процесса пленочной конденсации в пластинчатых теплообменниках имеет целью установить тепломассообменные характеристики, исследовать влияние расхода и начальной температуры жидкости, конструктивных особенностей аппарата на процесс конденсации парогазовой смеси и сравнить полученные данные математического и физического моделирования [3,4]. Экспериментальный стенд состоит из испарителя Е-1, в котором находится ТЭН мощностью 7 кВт, емкости для хладагента Е-2, насоса для подачи хладагента Н-1, пластинчатого теплообменника Т-1 и емкости для конденсата Е-3. Испаритель Е-1 объемом $0,20 \text{ м}^3$, которого достаточно для проведения серии экспериментов без дополнительной подачи воды.

Пластинчатый теплообменник имеет площадь теплообмена $0,89 \text{ м}^2$ и эквивалентный диаметр канала $d_s = 0,0218 \text{ м}$. В теплообменнике на входе пара имеется распределитель для равномерного распределения пара по всем пластинам, а также устройство для сбора образующегося конденсата. На боковых стенках теплообменного аппарата имеются патрубки для ввода и вывода хладагента стермопарами. Водяной пар подается в межтрубное пространство, а хладагент в трубное пространство. В ходе эксперимента

температура воды в емкости Е-1 постоянно поддерживалась на уровне 100°C, мощность нагревателя: $Q = 7$ кВт. Температура хладагента в емкости Е-2 поддерживалась $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$. Результаты экспериментов приведены в таблице.

Результаты экспериментальных исследований

№ Эксперимента	1	2	3
Расход воды, L воды, кг/с	0,0097	0,0388	0,069
Число $Re_{\text{ж}}$	158	632	1128
$T_{\text{пара}}, ^\circ\text{C}$	97,2	97,3	98,1
$T_{\text{жк}}, ^\circ\text{C}$	90,1	70	51,1
$Q, \text{Вт}$	2637	7120	7549
$\Delta T_{\text{ср}}, ^\circ\text{C}$	29,32	58,16	59,6
$K, \text{Вт/м}^2 \text{К}$	101,0	121,5	142,3

С применением математической модели [4,5] численно исследованы различные режимы работы пластинчатого теплообменника и установлено значительное повышение коэффициента теплоотдачи при турбулизации индустриального масла.

Источники

1. Rifert V., Sereda V., Solomakha A. Heat transfer during film condensation inside plain tubes. Review of theoretical research. Heat and Mass Transfer. 2019. Vol 55. pp. 3041-3051.
2. Ho, J. Y., Leong, K. C. A critical review of filmwise natural and forced convection condensation on enhanced surfaces. Applied Thermal Engineering, 2020. 116437.
3. Якимов Н. Д., Дмитриев А. В., Бадретдинова Г. Р., Борисова С. Д. Особенности решения задачи о конденсации пара, содержащего твёрдые частицы на ребре // Проблемы энергетики, 2022, том 24, № 3
4. Akhmadiev F.G., Farakhov M.I., Akhmitshin A.A. Mathematical model of conjugate heat and mass transfer at film condensation // Lobachevskii Journal of Mathematics, 2019 – V.40.-№.6, - P.711-717.
5. Farakhov M. I. Distillation of vacuum gas oil in a column with new packings / M. I. Farakhov, A. A. Akhmitshin, A. G. Laptev, T. M. Farakhov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – Moscow, 2020. – P. 976.

ТЕХНОЛОГИЯ ПОКРЫТИЙ С МАГНЕТРОННЫМ РАСПЫЛЕНИЕМ МЕТАЛЛОВ

Аяши Омар Али

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор А.Г. Лаптев
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
tvt_kgeu@mail.ru

Рассмотрена технология нанесения тонких покрытий на различные поверхности при применении магнетронного распыления металлов. Технология основана на распределении магнитных полей у поверхности (мишени). Выполнено 3D моделирование магнитных полей при нанесении покрытий. Обнаружена аномальная эрозия на искривленном участке поверхности. Предложено улучшить конструкцию магнита для усиления магнитного поля в криволинейной области.

Ключевые слова: Магнетрон, магнитные поля, нанесение покрытий, 3D моделирование.

TECHNOLOGY OF COATINGS WITH MAGNETRON SPUTTERING OF METALS

Ayashi Omar Ali

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
tvt_kgeu@mail.ru

The technology of applying thin coatings to various surfaces using magnetron sputtering of metals is considered. The technology is based on the distribution of magnetic fields at the surface (target). 3D modeling of magnetic fields during coating is performed. Abnormal erosion was detected on a curved section of the surface. It is proposed to improve the design of the magnet to enhance the magnetic field in the curved region.

Keywords: Magnetron, magnetic fields, coating, 3D modeling.

Профиль эрозии мишени имеет решающее значение в процессе магнетронногораспыления. Профиль эрозии мишени зависит от давления

газа, материалов катода, распределения магнитного поля и других параметров процесса магнетронного распыления.[1-5].

Конструкция магнита является одним из наиболее важных факторов, влияющих на процесс магнетронного распыления [6-8]

Технология магнетронного распыления основана на распределении магнитных полей на мишени. На основе 3D-модели выполнено смоделированные профили эрозии для магнетрона с прямоугольной мишенью, используя не самосогласованное моделирование частиц, которое объединяет все связанные расчеты в единую вычислительную среду с помощью COMSOL Multiphysics. Установлено, что аномальная эрозия возникает на изогнутом участке прямоугольной мишени, описывающую области сильного и слабого поля на участках эрозии. Для анализа причины аномальной эрозии, профили эрозии были смоделированы при различных магнитных полях, дистрибутивы. Обнаружили, что аномальная эрозия возникает в присутствии локального слабого магнитного поля на искривленном участке по сравнению с прямым участком, и что аномальная эрозия возникает в присутствии магнитных полей более 200 Гс.

Чтобы сделать эрозию мишени более равномерной, предложено улучшить конструкцию магнита на криволинейном участке дополнительными магнитами для усиления магнитного поля в криволинейной области. Доказано, что аномальная эрозия не возникает даже в сильных магнитных полях, пока распределение магнитного поля однородно. Чтобы ограничить аномальную эрозию, магнитное поле должно быть однородным в пределах 10% областей поля как на криволинейных, так и на прямых участках.

Полученные результаты моделирования согласуются с реальной ситуацией в результатах экспериментов и измеренных данных, по крайней мере, в относительном смысле достоверны с точки зрения нормальных профилей эрозии, напряженности магнитного поля на поверхности мишени и глубины эрозии. Обнаружено, что после улучшения однородности магнитного поля профиль эрозии мишени становится шире и более последовательным вдоль участков эрозии, что увеличивает использование мишеней.

Источник

1. M. A. Lieberman and A. J. Lichtenberg, Principles of plasma discharges and materials processing. / John Wiley & Sons, 2005.
2. G. A. Clarke, N. R. Osborne, and R. R. Parsons, "Magnetic field and substrate position effects on the ion/deposition flux ratio in magnetron sputtering," / Journal of Vacuum Science & Technology A: Vacuum, Surfaces, and Films, vol. 9, no. 3, pp. 1166–1170, 1991.
3. Z. Lin, K. Liu, Y.-C. Zhang, X.-J. Yue, G.-Q. Song, and D.-C. Ba, "The microstructure and wettability of the TiO_x films synthesized by reactive DC magnetron sputtering," / Materials Science and Engineering: B, vol. 156, no. 1-3, pp. 79-83, 2009.
4. A. A. Irudayaraj, P. Kuppusami, R. Thirumurugesan, E. Mohandas, S. Kalainathan, and V. S. Raghunathan, "Influence of nitrogen flow rate on growth of TiAlN films prepared by DC magnetron sputtering," Surface engineering, vol. 23, no. 1, pp. 7-11, 2007.
5. V. S. Mitin, E. I. Sharipov, and A. v Mitin, "High deposition rate magnetrons: key elements and advantages," Surface engineering, vol. 22, no. 1, pp. 5-10, 2006.
6. M. J. Murphy, D. C. Cameron, M. Z. Karim, and M. S. J. Hashmi, "Magnetic fields in magnetron sputtering systems," Surface and Coatings Technology, vol. 57, no. 1, pp. 1-5, 1993.
7. R. Hollerweger, D. Holec, J. Paulitsch, R. Rachbauer, P. Polcik, and P. H. Mayrhofer, "Magnetic field strength influence on the reactive magnetron sputter deposition of Ta₂O₅," Journal of Physics D: Applied Physics, vol. 46, no. 33, p. 335203, 2013
8. S. Kim and K. H. Kim, "Effect of magnetic field arrangement of facing targets sputtering (FTS) system on controlling plasma confinement," Coatings, vol. 10, no. 4, p. 321, 2020.

АДСОРБЦИОННЫЙ СПОСОБ ОЧИСТКИ ДРЕНАЖНЫХ ВОД ОБРАТНОГО ОСМОСА ШЛАМОМ ХИМВОДОПОДГОТОВКИ

Э.Р. Зайнуллина

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор Л.А. Николаева

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

my-elechka@mail.ru

Водоподготовка – один из ключевых этапов работы ТЭС. На сегодняшний день наиболее эффективным считается способ фильтрации воды с применением мембранных технологий, где в качестве основного обессоливающего оборудования используют обратный осмос. В настоящей статье предложена технология очистки от сульфат- и хлорид-ионов концентрата и дренажных вод, остающихся после работы обратноосмотической установки отходами энергетики [1].

Ключевые слова: концентрат, отходы энергетики, адсорбент, обратноосмотическая установка.

ADSORPTION TREATMENT OF REVERSE OSMOSIS DRAINAGE WATERS BY ENERGY WASTE

E.R. Zainullina

KSPEU, Kazan, Russia

my-elechka@mail.ru

Water treatment is one of the key stages of TPP operation. Today, the most effective method of water filtration using membrane technologies is considered, where reverse osmosis is used as the main demineralizing equipment. This article proposes the technology of purification from sulphate- and chloride ions of concentrate and drainage water remaining after operation of the reverse osmosis plant with energy waste.

Keywords: concentrate, energy waste, adsorbent, reverse osmosis unit.

Одной из главных проблем тепловых станций (ТЭС) являются:
– сбросные воды системы гидрозолаулавливания (ГЗУ);

- отработавшие растворы после химических промывок теплосилового оборудования или его консервации;
- регенерационные и шламовые воды от водоочистительных (водоподготовительных) установок;
- нефтезагрязненные стоки;
- растворы и суспензии, возникающие при обмывах наружных поверхностей нагрева, главным образом воздухоподогревателей и водяных экономайзеров котлов, сжигающих сернистый мазут.

Обратный осмос предполагает разделение водных сред полупроницаемой мембраной, посредством которой происходит удаление из воды растворенных солей, неорганических и органических веществ с молекулярной массой свыше 100 Да. Степень растворенных в воде солей (селективность) – 99,8 % [2].

Принцип действия обратного осмоса заключается в «продавливании» через мембрану молекул воды из раствора под давлением, превышающим осмотическое. После очистки образуется концентрат, содержащий растворенные соли в количестве, эквивалентном поступившему с исходной водой.

Для уменьшения расхода воды на собственные нужды и увеличения гидравлического КПД установок на ТЭС используют двухступенчатую (двухкаскадную) схему по концентрату, согласно которой концентрат из I ступени служит исходной водой для II ступени. Пермеат с I ступени объединяется в общий коллектор с пермеатом со II ступени. Селективность установки при этом несколько ниже, так как качество фильтрата со II ступени значительно хуже качества фильтрата с I ступени. Концентрат со II ступени сбрасывается в дренаж. Двухступенчатая система способна обеспечить коэффициент выхода фильтрата на уровне 75–80 % [3].

Кроме того, в большинстве случаев в дренажные воды сбрасываются отмывочные воды мембран, которые далее направляются в систему ГЗУ. ввиду этого, для сточных вод ГЗУ характерно повышенное содержание взвешенных веществ, рН, солей жесткости, а также тяжелых металлов.

Разработанная схема предполагает адсорбционную очистку солевых сточных вод обратного осмоса до сброса в ГЗУ отходом энергетики – шламом химводоподготовки. Шлам химводоподготовки образуется в осветлителе в процессе известкования и коагуляции. В ходе эксперимента

использовался высушенный порошкообразный шлам (влажность 3 %), цвет – от светло-желтого до бурого [4].

Ниже приведен химический состав дренажных вод обратноосмотической установки до и после очистки [5].

Показатели	Дренажные воды	Вода после адсорбционной очистки
pH	10,4	7,8
Cl ⁻ , мг/дм ³	320	2,88
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	> 1 500	156
Удельная электропроводность, мкСм/см	1748	406

Источники

1. Николаева Л.А., Бородай Е.Н., Голубчиков М.А. Сорбционные свойства шлама осветлителей при очистке сточных вод электростанций от нефтепродуктов // Известия ВУЗов. Проблемы энергетики. 2011. № 1–2. С. 132–137.

2. Методы деминерализации промежуточного концентрата для повышения рекуперации воды обратного осмоса солоноватой воды – обзорная статья / Сяньхуэй Ли [и др.] // Desalination. 2019. Т. 466. С. 24–35.

3. RO concentrate minimization by electrodialysis / Y. Zhang [et al.] // Techno-economic analysis and environmental concerns // Journal of Environmental Management. 2012. Vol. 107. Pp. 28–36.

4. 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.

5. Николаева Л.А., Зайнуллина Э.Р. Исследование процесса обессоливания концентрата установок обратного осмоса отходом энергетики // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 2. С. 186–195.

УТИЛИЗАЦИЯ ЛОПАСТЕЙ ВЭС

Д.Е. Козин

Науч. рук. асс. О.Е. Бабилов

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

kozin5207@gmail.com

Статья является обзорной в вопросе утилизации лопастей ветроэлектростанций. Этот вопрос очень актуален, так как износ ветроустановок первого поколения –достаточно серьезная проблема, которая все чаще обращает на себя внимание различного рода экспертов

Ключевые слова: ветроэлектростанция, утилизация, ветрогенераторы.

DISPOSAL OF WIND POWER BLADES

D.E. Kozin

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

kozin5207@gmail.com

The article is an overview on the issue of utilization of wind farm blades. This issue is very relevant, since the wear of first-generation wind turbines is a rather serious problem that is increasingly attracting the attention of various kinds of experts

Keywords: wind power plant, recycling, wind generators

Ветроэнергетика относится к возобновляемым источникам энергии, и активно развивается в современном мире. В связи с декарбонизацией производства и снижения техногенного влияния на окружающую среду, все множество стран инвестируют в эту сферу огромные средства [1]. Но несмотря на все технологические достижения, для ветроэлектростанций (ВЭС) актуальны проблемы, связанные с утилизацией лопастей. Лопасти ветрогенераторов изготавливаются из сложных композитных материалов, обеспечивающие легкие, но прочные изделия, поэтому они требуют особых процессов переработки.

Каким же образом возможно утилизировать многометровые лопасти? Хорошим вариантом будет, если организовать детские игровые площадки. Из лопастей получатся отличные горки, лесенки, туннели и многое другое, что так нравится детям. Но на сегодняшний день успешная технология утилизации композитных отходов – это их использование в качестве энергетического сырья в производстве цемента [2]. Часть цементного сырья заменяется стекловолоконными и композитными материалами при производстве бетона. Оставшиеся органические включения сжигают как топливо вместо угля, таким образом снижается выброс углеводорода в атмосферу.

Также существует такой способ, как превращения лопастей во вторсырьё. Их разрезают на части, а после измельчают до волокон. Такая структура отлично подойдет для производства досок из полимеров, а также поддонов для складских помещений, отделочных материалов для наружного применения. Такой деятельностью занимается компания TheEuropeanTechnology&InnovationPlatformonWindEnergy, именно они предложили данную перспективу, которая успешно применяется на сегодняшний день.

В Соединенных Штатах Америки тоже пытаются решить проблему утилизацией лопастей, например, компания Global Fiberglass Solution уже успешно используют метод разрушения лопастей с последующим прессованием их в плиты с древесноволокнистой структурой и пеллеты для строительной отрасли [3]. Также в США активно продвигают идею использования композитов для производства ограждений и даже железнодорожных шпал. Кроме того, существует еще одно направление - создание гранулированного сырья из старых лопастей, которое в дальнейшем пойдёт на создание новых, такое направление является очень перспективным.

Есть еще один метод, который является вредным с точки зрения экологии. Суть этого метода заключается в том, что отработавшие лопасти и сами основания ветрогенераторов засыпаются землей. Для этого выделяются огромные площади земли, так как лопасть ветрогенератора может достигать 115 метров в длину. Поэтому проблема этого метода в том, что с каждым разом земли становится все меньше, следовательно, такой метод нарушает экологический баланс, ведь некогда зеленые участки становятся пустынями,

На сегодняшний день существуют не так много способов по утилизации или переработки композитных лопастей, но специалисты разных стран

работают над новыми методами, например, такими, как: механическая рециркуляция, сольволиз и пиролиз [4]. Лопастей сложно рассортировать после переработки, так как они состоят из многокомпонентных материалов, поэтому их сначала измельчают до мелких гранул, а после применяют для создания пластмассы или создают новый композитный материал – этот метод называется механической рециркуляцией. Рассмотрим сольволиз, так называется процесс обменного разложения между растворителем и растворенным. Но не все части материалов ветрогенератора могут быть подвержены растворению в окружающей среде. При пиролизе происходит сжигание материалов в специальной печи, а после образующийся остаток можно добавлять в состав цемента. Если исследования в этих направлениях дадут хорошие результаты, то тогда появится возможность создавать безотходные ветровые турбины.

В заключении, хотелось бы сказать, что существуют много разных способов утилизации и переработки лопастей, но не все они доступны на сегодняшний день, но специалисты продолжают искать новые и эффективные технологии. Основным и достаточно успешным способом утилизации композитных отходов является их использование в производстве цемента, в качестве энергетического сырья и добавки.

Источники

1. Лопастей много, а места мало, или как утилизировать ветрогенераторы. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.elec.ru/publications/alternativnaja-energetika/5806/> (дата обращения 14.02.23)
2. К вопросу переработки лопастей ветряных турб. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://in-power.ru/news/alternativnayaenergetika/30181-k-voprosu-pererabotki-lopastei-vetrjanyh-turbin.html> (дата обращения 14.02.23)
3. Утилизация лопастей турбин: ахиллесова пята ветроэнергетики. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://compositeworld.ru/articles/market/id61a108718606de0019d9207f> (дата обращения 14.02.23)
4. Sakellariou N. Current and potential decommissioning scenarios for end-of-life composite wind blades //Energy Systems.2018. Vol. 9, pp. 981-1023.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВ

А.И. Нургалиев

Науч. рук. канд. техн. наук. доцент Р.Я. Исхакова

ФГБОУ ВО «КГЭУ»

artur_nurgaliev022@mail.ru

В данной статье авторами предлагается технология очистки сточных вод с помощью вторичных отходов производства в качестве адсорбционных материалов.

Ключевые слова: Адсорбция, сточные воды, очистка, отходы производства

WASTEWATER TREATMENT USING INDUSTRIAL WASTE

A.I. Nurgaliev

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

artur_nurgaliev022@mail.ru

In this article, the authors propose a technology for wastewater treatment using secondary industrial waste as adsorption materials.

Keywords: Adsorption, waste water, purification, production waste.

Проблема загрязнения окружающей среды является одной из самых насущных проблем в современном мире. Природные водоёмы загрязняются сточными водами (СВ), в результате чего происходит изменение физических свойств среды, нарушение гидрохимического режима, появление эмульгированных веществ на поверхности и образование донных отложений.

Загрязнение СВ деятельностью промышленных предприятий и бытовыми стоками ведет к эвтрофикации водоемов, приводящей к снижению кислорода, вследствие чего гибнут рыбы и водные организмы. Поэтому очистка сточных вод – одна из самых острых экологических проблем на планете. Именно промышленные сточные воды оказывают наибольший вред на водоёмы [1].

Основными источниками попадания масла и нефти в СВ являются предприятия, занимающиеся переработкой и транспортировкой нефти и ее производных, металлургическая промышленность, мойка транспорта и т.п.

Авторами предлагается очистка масло – нефтесодержащих СВ с использованием материалов отходов производств в качестве адсорбционных материалов. Опилки, при наделении их гидрофобными свойствами способны извлекать растворённые нефтепродукты, не поглощая воду [2,3].

Экспериментальные исследования проводились на 4-х образцах гранул на основе отходов деревообрабатывающей промышленности – опилок хвойных и лиственных пород деревьев, созданных методом окатывания, в которых, в качестве связующего вещества использовались: жидкое натриевое стекло (ЖНС); клей ПВА; парафин; в массовом соотношении 1:1.

Исследования по сорбционной емкости гранул проводили в статических условиях. Гранулы помещались в модельный раствор объемом 100 мл и концентрацией 8 мг/дм³. Исследуемые растворы пребывали в процессе интенсивного перемешивания в течение суток.

Очищенные растворы отфильтровывали и оценивали концентрацию нефтепродуктов на КФК-2 экстракционным методом[4].

По результатам полученных исследований установлено, что сорбционная способность сорбентов составила: ЖНС –286 мг/г, клей ПВА – 291,6 мг/г, парафин –365,2 мг/г.

Таким образом, наибольшей сорбционной емкостью обладает материал, разработанный на основе опилок деревообрабатывающей промышленности с использованием в качестве связующего материала – парафин, с эффективностью очистки –91,8%.

Источники

1 Влияние городских ливневых сточных вод в загрязнении почвы населенных мест и воды открытых водоемов / Ф. А. Салимова, Е. Г. Степанов, М. А. Шафиков [и др.] // Успехи современного естествознания. – 2004. – № 8. – С. 104-107

2 Дремичева, Е. С. Адсорбция как метод решения экологических проблем очистки производственных сточных вод / Е. С. Дремичева // Инновационные пути решения актуальных проблем природопользования и защиты окружающей среды: Международная научно-техническая конференция, Алушта, 04–08 июня 2018 года / Отв. ред. И.В. Старостина. Том

Часть II. – Алушта: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2018. – С. 84-90.

3 Сироткина, Е. Е. Материалы для адсорбционной очистки воды от нефти и нефтепродуктов / Е. Е. Сироткина, Л. Ю. Новоселова // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. С. 29-43.

4 Количественный химический анализ вод методика измерений массовой концентрации нефтепродуктов в питьевых, природных и очищенных сточных водах методом ик-спектрофотометрии с применением концентратометров серии кн / ПНД Ф 14.1:2:4.168-2000 / В. И. Цуканов. Москва 2012.

УДК 621.64.69

ГЕНЕРАЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ТРАССАХ

В.Р. Иванова¹, Р.Р. Сафин²

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

¹vr-10@mail.ru, ²Rinaz.Safin@yandex.ru

Использование нетрадиционных источников электрической энергии является одним из быстроразвивающихся направлений в электроэнергетике. Они позволяют создать более развитую и автономную систему электроснабжения потребителей.

Ключевые слова: ветрогенератор, электрическая энергия, автомобильная трасса

GENERATION OF ELECTRICAL ENERGY ON HIGHWAYS

¹V.R. Ivanova, ²R.R. Safin

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹vr-10@mail.ru, ²Rinaz.Safin@yandex.ru

The use of non-traditional sources of electrical energy is one of the fastest growing areas in the electric power industry. They allow you to create a more developed and autonomous power supply system for consumers.

Keywords: wind generator, electrical energy, highway

Одной из актуальных тем современного мира является распределенная генерация электроэнергии. Этот принцип рассматривает производство электроэнергии в непосредственной близости от потребителя. В большинстве своем это небольшие и компактные установки, рассчитанные на небольшие мощности. При этом потребитель не отключается от общей, магистральной сети с целью стабилизации дефицита энергии при отсутствии генерирующих мощностей дополнительных источников энергии. Возобновляемые источники энергии составляют основную часть дополнительных источников энергии для производства распределительной электроэнергии[1].

Словосочетание «перевозка электроэнергии» натолкнуло меня на мысль об использовании автомобильных дорог, а точнее ветровых потоков, образующихся при движении автомобилей, как возможность производства электроэнергии для обеспечения электроэнергией самой магистрали или для нужд близлежащих объектов.

Ветрогенератор – одна из установок для получения альтернативной энергии. Ветряная турбина преобразует силу ветра в электрическую энергию[2]. Так как в нашем случае нет необходимости в больших и высоких ветряках, это упрощает обслуживание, без работы на высоте. Геликоидный ротор Этот тип вертикального ветрогенератора требует больших усилий по установке, но вращение этого ротора более плавное и равномерное[3]. Установленные подшипники снимают дополнительную нагрузку с конструкции. Ортогональный ротор. Чтобы ветряк начал вращаться, необходима скорость ветра 0,7 м/с. Ротор со спиральными лопастями. Постоянное осевое вращение и ветровой поток не зависят друг от друга, даже при резких порывах ветра ветрогенератор будет работать с заданной начальной скоростью (как в случае с ротором Савуниса).

Существуют и другие типы вертикальных ветрогенераторов, такие как ротор Савуниса, ротор Дарье, многолопастной ротор и др. Основными критериями выбора являются:

- Продолжительность жизни,
- Цена продукта,
- Условия эксплуатации,
- Минимальная скорость воздуха, при которой может работать ветрогенератор.

Важным этапом данной проектной работы является разработка как конструкции самого ветродвигателя, так и его интеграции в рабочую среду

(см. рисунок 1а., 1б.). 3D-модель была создана с помощью программного обеспечения для архитектурного проектирования SketchUP.

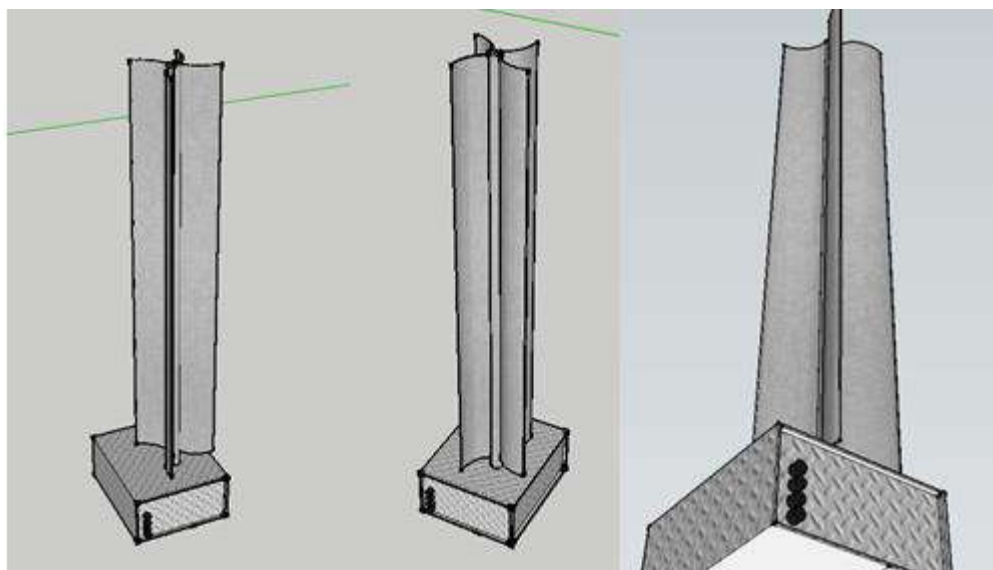


Рис.1а. Ветроустановка“WindGen”

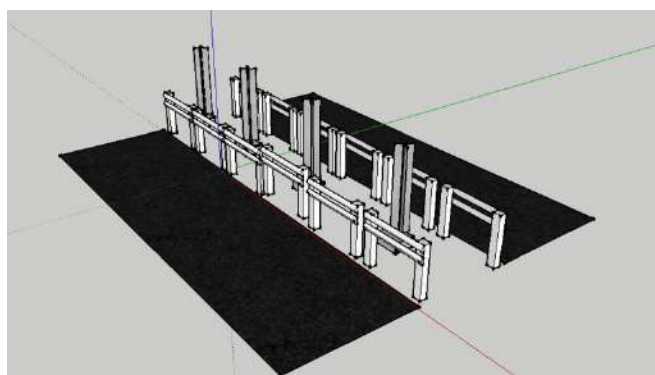


Рис.1б. Интеграция ветроустановок в рабочую среду

Источники

1. Школьная наука [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://school-science.ru/2/11/30923>. – Дата обращения: 25.09.2022.
2. Экотехника [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ecotechnica.com.ua/energy/veter/3986-innovatsionnyj-vetrogenerator-enlil-rabotaet-ot-proezzhayushchikh-mimo-avtomobilej-video.html>. – Дата обращения: 05.10.2022.

3. Фокин Ю.А. Надежность и эффективность сетей электрических систем. М.: Высшее.школа, 1989. –240 с.

УДК 621.175.3

ПРОЕКТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НИЗКОПОТЕНЦИАЛЬНОГО ТЕПЛА ПОСЛЕ КОНДЕНСАТОРА ТУРБИНЫ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

В.Д. Юровская¹, В.В. Кижин²

Науч. рук. ст. преп. С.В. Латушкина

^{1,2}ФГБОУ ВО «БрГУ», г. Братск, Россия

¹valeriya.yurovskaya@mail.ru, ²vadim-hero4ever@yandex.ru

В статье предложен проект полезного использования низкопотенциального тепла после конденсатора турбины с внедрением парокомпрессионного теплового насоса (ТН) и генератора органического цикла Ренкина (ОЦР) на примере теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) компании АО «ЭнСер», находящейся в городе Миассе. Также были рассчитаны основные параметры предложенной схемы генерации и проведен технико-экономический расчёт.

Ключевые слова: низкопотенциальное тепло, теплоэлектростанция, конденсационная турбина, тепловой насос, генератор органического цикла Ренкина.

PROJECT OF USING LOW-POTENTIAL HEAT AFTER THE TURBINE CONDENSER OF THERMAL POWER PLANTS

V.D. Yurovskaya¹, V.V. Kizhin²

^{1,2}Bratsk State University, Bratsk, Russia

¹valeriya.yurovskaya@mail.ru, ²vadim-hero4ever@yandex.ru

The article proposes a project for the beneficial use of low-grade heat after the turbine condenser with the introduction of a vapor-compression heat pump (HP) and a generator of organic Rankine cycle (ORC) on the example of a combined heat and power plant (CHP) of «EnSer» JSC, located in the city of Miass. The main parameters of the proposed generation scheme were also calculated and a feasibility study was carried out.

Keywords: low-potential heat, thermal power plant, condensation turbine, heat pump, generator of organic, Rankine cycle.

На теплоэлектростанции (ТЭС) приходится большая часть выработки электроэнергии России. Доля мощности ТЭС в единой энергосистеме страны (ЕЭС) составляет 66,05% от общей установленной мощности всех электростанций [1].

На большинстве ТЭС страны установлены конденсационные турбины, главным недостатком которых являются большие потери низкопотенциального тепла после конденсатора турбины. Наиболее популярной является система оборотного водоснабжения с применением градирен, посредством которых выделившееся при конденсации пара тепло сбрасывается в атмосферу.

В рамках участия в акселерационной программе «Лаборатория энергетики – 2022», проводимой компанией En+ Group, была проведена работа по поиску методов полезного использования низкопотенциального тепла после конденсатора турбины теплоэлектроцентрали (ТЭЦ) компании АО «ЭнСер»(входит в состав En+ Group), расположенной в городе Миассе (таблица 1).

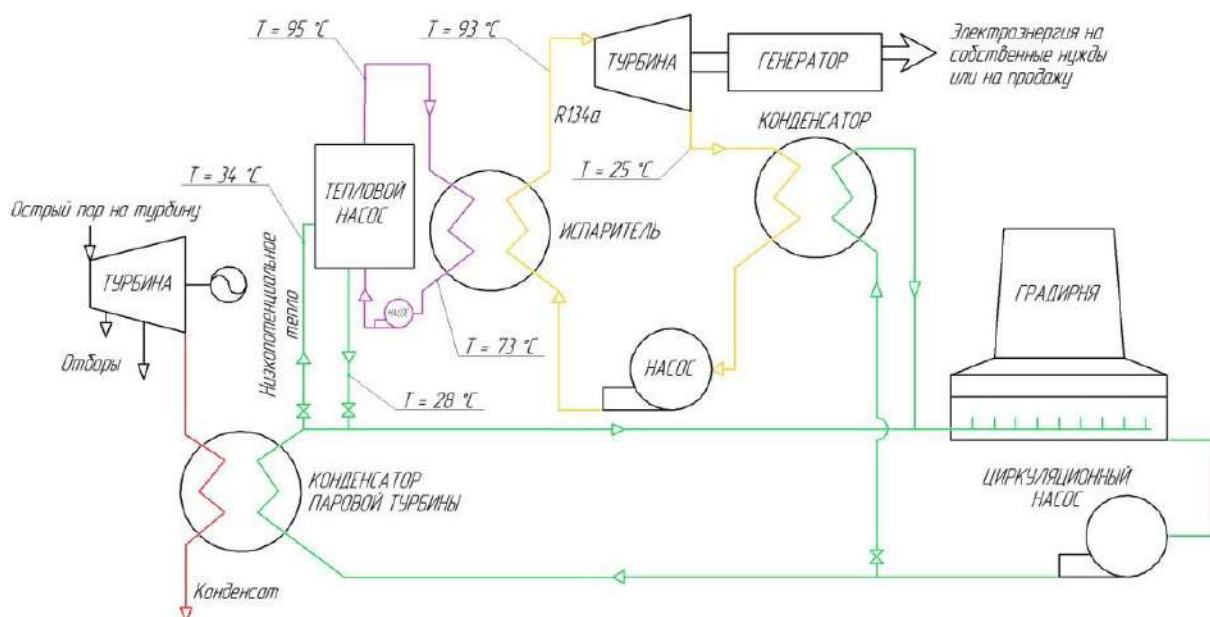
Таблица 1

Существующие параметры станции

Параметр	Значение
Расход охлаждающей воды, т/ч	2000
Температура воды на выходе из конденсатора, °С	34
Полезно использованное тепло, Гкал/ч	5
Объем тепловых потерь, Гкал/ч	6-30

Проведя анализ существующих способов полезного использования низкопотенциального тепла[2,3] и основываясь на требованиях заказчика (АО «ЭнСер»), был выбран наиболее перспективный вариант – совместное внедрение парокомпрессионного теплового насоса (ТН), который уже успешно используется на предприятиях компании En+ Group[4], и генератора органического цикла Ренкина (ОЦР), использующего в качестве рабочего тела органическую жидкость [5,6].

На основе вышесказанного, был выполнен проект полезного использования низкопотенциального тепла после конденсатора турбины с совместным внедрением парокомпрессионного ТН и генератора ОЦР (см. рисунок).



Предлагаемая схема генерации

В ходе расчета предложенного решения были определены основные параметры разработанной схемы (таблица 2).

Таблица 2

Параметры предлагаемой схемы

Параметр	Значение
Расход низкопотенциального источника, т/ч	600
Расход нагреваемой в ТН воды, т/ч	150
Расход хладагента в генераторе ОЦР, т/ч	144
Электрическая мощность установки, МВт	1
Утилизируемая тепловая энергия, Гкал/ч	2

Технико-экономический анализ показал, что вложения в проект составят в ценах на декабрь 2022 г. 295 млн руб., эта сумма включает в себя стоимость парокompрессионного ТН, генератора ОЦР, доставки, монтажных работ и пуска. Годовая прибыль предприятия в случае внедрения данного проекта составит 24,5 млн руб., а срок окупаемости — 12 лет.

Преимуществами предлагаемого проекта являются: полезное использование низкопотенциального тепла; дополнительная выработка

электроэнергии без вреда для экологии;расположение оборудования на открытом воздухе, что повышает безопасность;полное автоматическое управление;низкий уровень шума при работе оборудования;срок эксплуатации оборудования составляет минимум 25 лет.

Предложенная схемаиспользования низкопотенциального тепла универсальна и может быть применена не только на рассматриваемой в статье ТЭЦ, но и на других станциях с учетом их особенностей.

Источники

1. Отчет о функционировании ЕЭС России в 2022 году(на основе оперативных данных)[Электронный ресурс].Режим доступа:https://www.soups.ru/fileadmin/files/company/reports/disclosure/2023/ups_rep2022.pdf(дата обращения:01.03.2023).

2.Соловьев А.А.,Чекарев К.В.,Соловьев Д.А., Шилова Л.А. Повышение эффективности использования низкопотенциального тепла при производстве энергии // Современная наука и инновации. 2017. № 3(19). С. 140-146.

3.Аникина И.Д., Амосов Н.Т.,Або Альзахаб О. Выбор источника низкопотенциальной теплоты на ТЭЦ для ее утилизации с использованием тепловых насосов// Неделя наукиСПбПУ:материалы научной конференции с международным участием. 2017.Т. 1.С. 27-29.

4. Юровская В.Д.,Латушкина С.В. Проект использования низкопотенциальных источников энергии на Братской ГЭС // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022. Т. 24, № 5. С. 13-22.

5. ГуськоваН.Н., Медведев И.П., Константинов А.В. Утилизационный энергокомплекс (УТЭК) на базе органического цикла Ренкина (ОЦР) // Ашировские чтения. 2016. Т. 2, № 2(8). С. 240-243.

6. Крупин Д.Ф., Суворов Д.М. Общие вопросы использования установки на базе органического цикла Ренкина (ОЦР) // Общество, наука, инновации (НПК-2016): сборник статей 2-ое издание, исправленное и дополненное. 2016. С. 1662-1665.

АНАЛИЗ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВАРИАНТОВ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОСЕЛКА ОЗЕРНЫЙ БРАТСКОГО РАЙОНА

А.В. Яковкина¹, С.Р. Чистяков²

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Т.Н. Яковкина

^{1,2}ФГБОУ ВО «БрГУ», г. Братск

¹arianahap@yandex.ru, ²semen-bratsk@yandex.ru

В настоящее время на территории Иркутской области существует достаточно большое количество населенных пунктов с децентрализованным электроснабжением. Это приводит к снижению уровня жизни населения в таких поселениях, что связано с низкой степенью надежности электроснабжения, непостоянством подачи электроэнергии и ее высокой стоимостью. В статье произведен анализ эффективности альтернативных вариантов электроснабжения одного из таких населенных пунктов - поселка Озерный Братского района.

Ключевые слова: децентрализованное электроснабжение, альтернативные источники энергии, пиролизная установка.

ANALYSIS OF ALTERNATIVE POWER SUPPLY OPTIONS FOR THE OZERNY SETTLEMENT OF THE BRATSK DISTRICT

A.V. Yakovkina¹, S.R. Chistyakov²

^{1,2}BrSU, Bratsk, Russia

¹arianahap@yandex.ru, ²semen-bratsk@yandex.ru

Nowdays, there are quite a large number of settlements with decentralized electricity supply in the Irkutsk region. It leads to a decrease in the standard of living of the population in such localities, which is due to the low degree of reliability of power supply, instability of power supply and its high cost. The article analyzes the effectiveness of alternative power supply options for one of these settlements - the village of Ozerny, Bratsk district.

Keywords: decentralized power supply, alternative energy sources, pyrolysis plant.

Поселок Озерный Братского района Иркутской области в силу обстоятельств оказался отрезанным Братским водохранилищем от

объединенной Сибирской энергосистемы, основные элементы которой сосредоточены на левом берегу водохранилища (Рис. 1).

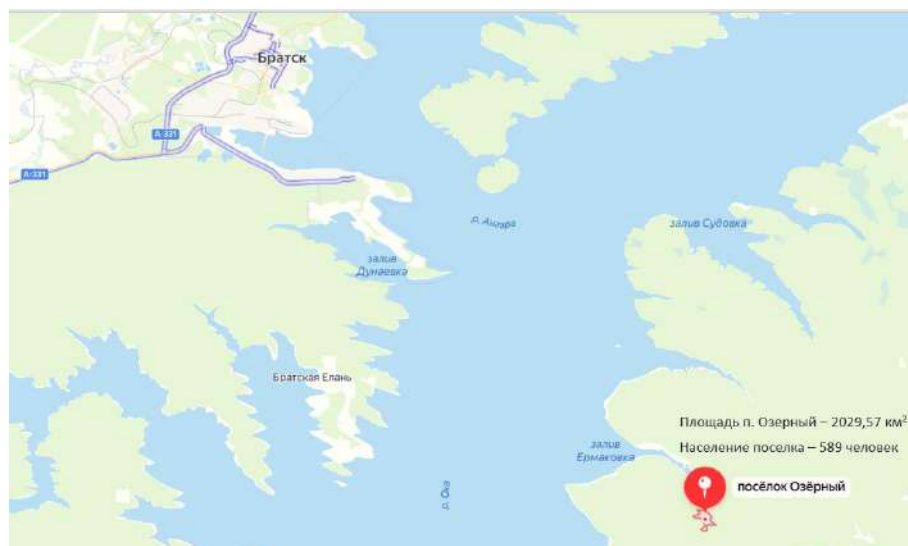


Рис. 1 Место расположения поселка Озерный

Особенностью поселения является отсутствие системы надежного и постоянного электроснабжения: в настоящее время выработка электроэнергии осуществляется дизельной электростанцией от двух дизель-генераторов (ДГ) мощностью 400 кВт каждый. Проведенные авторами статьи расчеты показывают, что суммарные затраты на работу ДГ в ценах 2023г. составляют от 48 047 976 руб. в год.

В целях улучшения экологии, повышения энергоэффективности и надежности электроснабжения потребителей п. Озерный, а также в рамках экономии денежных средств авторами статьи была рассмотрена возможность использования альтернативных источников энергии, таких как солнечная электростанция (СЭС), ветрогенераторы, мини-ГЭС и пиролизные установки.

В рамках анализа использования энергии ветра было рассмотрено множество вариантов ветровых электростанций отечественного производства, но оказалось, что среднегодовая скорость ветра в районе расположения поселка Озерный (1,9 м/с, [1]) не позволяет выйти ветрогенераторам на номинальную мощность.

Рассмотрение варианта строительства СЭС для электроснабжения п. Озерный показало, что солнечная активность в данном регионе не позволяет обеспечить покрытие суммарной нагрузки потребителей. Кроме того, район

характеризуется обильными снегопадами, что будет создавать существенные проблемы при выработке электроэнергии в зимнее время.

Строительство мини-ГЭС на реке Ермаковка, протекающей по территории поселения, также не представляется возможным: малая скорость течения реки будет недостаточна для полноценной работы турбины, кроме того, зимой река почти полностью промерзает.

Еще один из возможных альтернативных вариантов - использование пиролизной установки (ПУ).

В настоящее время на территории Озернинского муниципального образования действует лесозаготовительное предприятие, в результате работы которого регулярно образуются древесные отходы. Кроме того, рядом с поселком Озерный расположено одно место накопления твердых бытовых отходов, а также имеют место хаотичные нелегальные свалки. Принимая во внимание вышеизложенное, в п. Озерный можно заготавливать пиролизное топливо, утилизируя отходы лесопереработки и твердые коммунально-бытовые отходы, и применять его в качестве топлива для дизель-генераторов.

С целью анализа эффективности использования пиролиза было рассмотрено несколько вариантов ПУ: Манул, ФОРТАН-М и «Реактор». По результатам оценки возможностей и технических характеристик ПУ, указанных выше, к дальнейшему расчету была принята пиролизная установка «Реактор» [2], которая предусматривает переработку таких видов отходов, как твердые коммунальные отходы, отходы переработки древесины и т.д.

Согласно техническим характеристикам ПУ «Реактор», при пиролизе $6\text{ м}^3/\text{день}$ щепы и пластика можно получить около 31 967 л пиролизного топлива в год [3]. Исходя из этого, можно сделать вывод, что применение ПУ позволит сэкономить 2 045 888 руб./год на покупке дизельного топлива.

По результатам расчетов срок окупаемости универсальной ПУ «Реактор» составит 3,75 года без учета затрат на монтаж и дальнейшую эксплуатацию ПУ. Следует отметить, что гарантийный срок службы ПУ «Реактор» составляет 10 лет, что превышает срок ее окупаемости.

Таким образом, ПУ «Реактор» для п. Озерный экономически рентабельна и целесообразна. При этом применение ПУ решает не только проблему электроснабжения поселка, но и экологические вопросы, в том числе снижение пожароопасности за счет утилизации древесины от санитарных рубок леса и продуктов лесопиления в виде опилок.

Источники

1 Ветра в Иркутской области [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://energywind.ru/recomendacii/karta-rossii/sibir/irkutskaya-oblast?ysclid=lejox2s6a2375175262> (дата обращения 25.02.2023).

2 Принцип работы пиролизного котла - описание технологического процесса [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://supernatural-word.ru/vidy-othodov/piroliznye-ustanovki-kitaj.html?ysclid=lejqfym5h1962035709> (дата обращения 25.02.2023).

3 Переработка органических отходов в пиролизное топливо [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://brstu.ru/static/unit/journal_smt/docs/number-56/116-125.pdf (дата обращения 28.02.2023).

СЕКЦИЯ 12. КОНТРОЛЬ, АВТОМАТИЗАЦИЯ И ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ И РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ

УДК 621.316.91

МОНИТОРИНГ И ДИАГНОСТИКА ОПН В ОНЛАЙН РЕЖИМЕ ПО ПОЛНОМУ ТОКУ УТЕЧКИ

Д.Е. Дмитриев

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Д.К. Зарипов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

dmitriy_dmitriev_2000@bk.ru

В статье рассмотрены решения по анализу существующих методов и способов диагностики ограничителей перенапряжения по полному току утечки. Данные методы позволяют оперативно отслеживать места повреждений, определять местоположения неисправностей и уведомлять о нем ремонтный персонал обслуживающей организации.

Ключевые слова: анализ, диагностика, мониторинг, ограничители перенапряжений, перенапряжение, полный ток утечки, ток проводимости.

ONLINE MONITORING AND DIAGNOSTICS OF SURGE ARRESTERS BASED ON TOTAL LEAKAGE CURRENT

D.E.Dmitriev

KSPEU, Kazan, Russia

dmitriy_dmitriev_2000@bk.ru

The article considers solutions for the analysis of existing methods and methods for diagnosing surge arresters based on the total leakage current. These methods allow you to quickly track the location of damage, determine the location of faults and notify the repair personnel of the service organization about it.

Keywords: analysis, diagnostics, monitoring, surge arresters, overvoltage, total leakage current, conduction current.

Ограничители перенапряжения широко используются в электрических системах для защиты оборудования от повреждений, вызванных перенапряжениями в электрической сети. Одним из важных параметров ограничителей перенапряжения является ток утечки, который показывает эффективность защиты и уровень износа оборудования. В данной статье мы рассмотрим мониторинг ограничителей перенапряжения в онлайн режиме по полному току утечки.

Ток утечки является током, который протекает через ограничитель перенапряжения, когда на него не действует перенапряжение. Этот ток может быть вызван дефектами изоляции или другими проблемами в системе. Полный ток утечки является суммой токов утечки всех фаз в системе и может изменяться в зависимости от различных факторов, таких как влажность, температура и механические повреждения оборудования.

Мониторинг ограничителей перенапряжения по полному току утечки в онлайн режиме позволяет оперативно выявлять нарушения в работе ограничителя и принимать меры по их устранению. Для этого используются специализированные устройства и программные средства, которые осуществляют контроль тока утечки в режиме реального времени и анализируют полученные данные.

Одним из методов мониторинга ограничителей перенапряжения по полному току утечки является применение бесконтактных датчиков тока. Они устанавливаются на проводах, подключенных к ограничителю, и позволяют измерять ток утечки без прерывания электропитания. Полученные данные передаются на центральный компьютер для анализа и обработки.

Еще одним методом мониторинга является использование устройств с цифровой обработкой сигналов (ЦОС), которые позволяют получать точные данные о токе утечки в режиме реального времени.

ЦОС могут быть интегрированы в систему управления электрической сетью и обеспечивать автоматическую обработку данных, а также оповещать операторов системы в случае превышения установленных пороговых значений тока утечки. Это позволяет оперативно реагировать на проблемы и предотвращать аварии.

В заключение, мониторинг ограничителей перенапряжения по полному току утечки в онлайн режиме является важным инструментом для

обеспечения надежной работы электрических систем и защиты оборудования от повреждений. Он позволяет оперативно выявлять нарушения в работе ограничителей, устранять их и предотвращать возможные аварии. Использование современных технологий мониторинга позволяет повысить эффективность и точность контроля тока утечки и обеспечить надежную защиту электрооборудования.

Источники

1. Г.Г. Лаврентьев, Л.В. Минакова, Д.К. Попов. Устройство диагностического контроля ограничителей перенапряжения. - Электротехника №9, 2008. - С.52-56.

2. С.Ю. Рыжов, Л.В. Минакова. Проблемы диагностики ограничителей перенапряжения и пути их решения. - Электротехника №7, 2000. - С.24-28.

УДК 621–315.624

ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОТЫ МАГНИТНОГО ДАТЧИКА ДЛЯ СИСТЕМЫ ОНЛАЙН КОНТРОЛЯ ИЗОЛЯЦИИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ

А.В. Захаров

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Д.К. Зарипов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

В статье были представлены результаты экспериментальных исследований, направленных на изучение состояния подвесных высоковольтных изоляторов при их неравномерном загрязнении и увлажнении, путем регистрации сигналов, поступающих с магнитного датчика, и сравнении его с сигналами емкостного датчика системы контроля изоляторов воздушных линий электропередачи.

Ключевые слова: подвесные высоковольтные изоляторы, магнитный датчик, ёмкостной датчик, система контроля изоляторов воздушных линий.

RESEARCH ON THE OPERATION OF A MAGNETIC SENSOR FOR AN ONLINE CONTROL SYSTEM OF OVERHEAD LINE INSULATION

A.V. Zakharov
KSPEU, Kazan, Russia

The results of experimental research aimed at examination of conditions of suspended high-voltage insulators at their uneven contamination and moisture by recording the signals from magnetic sensor and comparing it with the signals from capacitive sensor of overhead power transmission line insulator control system have been presented in the article.

Keywords: suspended high-voltage insulators, magnetic sensor, capacitive sensor, control system of overhead line insulators.

Воздушные линии электропередачи (ВЛЭП) и установленное на них оборудование (изоляторы, линейная арматура, разрядники и т. д.) в значительной мере определяют надёжность электроснабжения потребителей различной категории. Согласно материалам информационной бюллетени, выпущенной Исполнительным комитетом Электроэнергетического Совета СНГ [1], за 2020 год в ЕЭС России произошло 16 215 технологических нарушений, 57,4 % (9 312) из которых вызваны аварийными отключениями линий электропередачи напряжением 110 кВ и выше. В период с января по сентябрь 2021 года это число выросло на 4 % по сравнению с прошлым годом и составило 11 836 отключений [2]. При этом одним из наиболее повреждаемых элементов ВЛЭП оказались высоковольтные изоляторы - 17,3 % аварий в 2020 году, произошло вследствие их повреждения или перекрытия.

Объект исследования: устройства диагностирования высоковольтных изоляторов.

Предмет исследования: магнитный датчик для обнаружения электрических разрядов на изоляторах.

Лабораторные исследования, проведены в учебно-научной лаборатории «Техника высоких напряжений» на базе кафедры «Электрические станции им. В. К. Шибанова» Казанского государственного энергетического университета.

В лабораторных условиях была собрана специальная испытательная

установка, предназначенная для исследования процессов, возникающих при эксплуатации загрязненной изоляции в условиях повышенной влажности (рис.1).

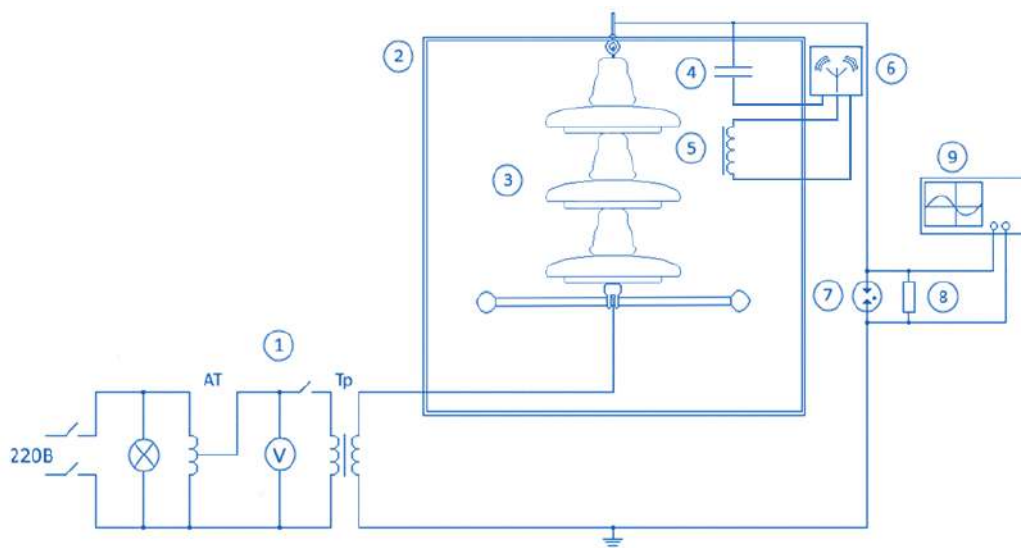


Рис. 1 – Схема экспериментальной установки

1 – испытательная установка 110 кВ; 2 – испытательная камера; 3 – гирлянда изоляторов; 4 – ёмкостной датчик; 5 – индуктивный (магнитный) датчик; 6 – передатчик; 7 – разрядник; 8 – резистор 1 кОм; 9 – осциллограф

Объектом нашего исследования являлась гирлянда стеклянных изоляторов, состоящая из 3 изоляторов типа ПС-70Е. Загрязнение изоляторов проводилось методом предварительного загрязнения согласно ГОСТ-10390. Для имитации неравномерного загрязнения нижняя часть тарелки нижнего изолятора была оставлена чистой. Подготовленные данным методом изоляторы помещались внутрь камеры для их последующего увлажнения в атмосфере чистого тумана.

Эксперимент заключался в измерении значений амплитуды синусоидальной составляющей и импульсов тока утечки, протекающего по поверхности изоляции при её непрерывном увлажнении в климатической испытательной камере. В качестве дополнительной меры контроля, непосредственно над изолятором были закреплены датчики беспроводной системы контроля, предназначенные для регистрации разрядной деятельности на изоляторе. Здесь особое внимание хотелось бы обратить на то, что в данной серии экспериментов, помимо ёмкостного датчика нами

дополнительно был применен индуктивный датчик (катушка индуктивности 220 мкГн). На рис. 2. приведены осциллограммы с магнитного датчика.

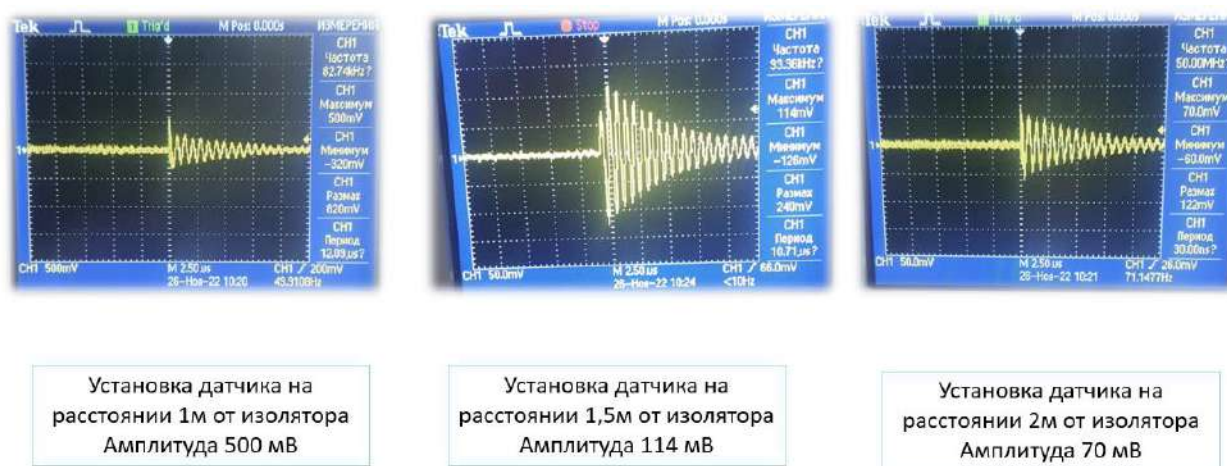


Рис. 2. Импульсы отдельного частичного разряда с магнитного датчика

По результатам экспериментов можно сделать следующий вывод: распределение загрязнения по поверхности изоляции в процессе её увлажнения, приводит к возникновению высокого уровня импульсных токов, который сохраняется на протяжении всего процесса увлажнения. При удалении магнитного датчика от изолятора происходит затухание регистрируемого сигнала, однако его уровень остается достаточным для практического использования в составе системы онлайн контроля изоляции на воздушных линиях, разработанной ранее.

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. В России участились аварии на энергообъектах [Электронный ресурс] // Известия Iz: [сайт]. [2021]. URL: <https://iz.ru/1248071/2021-11-11/v-rossii-uchastilis-avarii-na-energoobektakh> (дата обращения: 25.11.2021).

АНАЛИЗ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛН, ИЗМЕРЕННЫХ УЛЬТРАЗВУКОВЫМ ДЕТЕКТОРОМ

Р.И. Зиганшин

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Г.В. Вагапов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

Robzig88@gmail.com

В рассматриваемой мною статье описывается исследование анализа ультразвуковых волн, измеренного ультразвуковым детектором.

Ключевые слова: коронный разряд, ультразвуковой детектор, ультразвук.

R.I. Ziganshin

KSPEU, Kazan, Russia

Robzig88@gmail.com

The article I am considering describes the study of the analysis of ultrasonic waves measured by an ultrasonic detector.

Ключевые слова: corona discharge, ultrasonic detector, ultrasound.

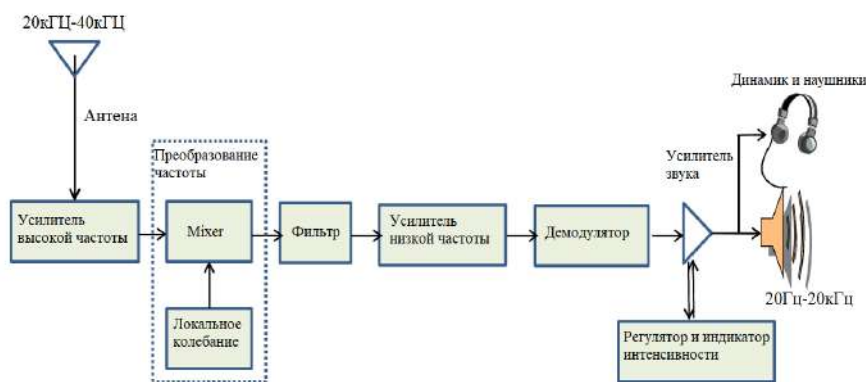
Портативные ультразвуковые детекторы полезны для обнаружения явлений электрического разряда, таких как корона, возникающих в электрической системе [1,2]. Но обычные портативные ультразвуковые детекторы имеют недостатки, заключающиеся в том, что результаты суждения о наличии разряда зависят от субъективной реакции пользователей, и трудно определить тип проблемы, прослушивая свойства звука и оценивая результаты. Таким образом, требуется новый метод анализа, различающий ультразвуковые характеристики.

Ультразвуковой детектор был использован в качестве одного из методов диагностики электрооборудования, такого как трансформатор, кабель и изолятор, потому что он очень прост.

Портативный ультразвуковой детектор предоставляет информацию через наушники для звукового сигнала и на измерителе для отображения показаний интенсивности, обычно в децибелах. Таким образом, оператор должен решить, есть корона или нет, прослушивая через наушники и наблюдая за децибелометром.

Этот метод имеет недостатки, связанные с интерпретацией и анализом результатов измерений. Результаты могут быть искажены слуховым восприятием, опытом и мастерством оператора. Таким образом, только оператор, имеющий большой опыт измерений, может точно определить тип проблемы из-за расстояния измерения, шума, способности оператора контролировать чувствительность устройств и вариабельности электрического оборудования. Следовательно, диагностика, зависящая от звукового анализа измеренного ультразвукового излучения, не будет точной. Была проанализирована программа ультразвукового анализа и представлено тематическое исследование для визуализации ультразвукового звука, измеренного ультразвуковым детектором. Рассмотренная программа не только обеспечивает просмотр спектра и временных рядов звука. По результатам диагностики, включая как детали, так и конкретное сканируемое оборудование, рекомендации могут быть сообщены программой. Используя эти данные в виде спектра или временных рядов, дефекты электрооборудования можно стать легче диагностировать.

Звуки, превышающие нормальный диапазон человеческого слуха от 20 Гц до 20 кГц, обычно рассматриваются как ультразвук. Как правило, диапазон частот от 20 кГц до 40 кГц охватывает все области применения ультразвука, такие как электрический разряд и обнаружение утечек [3,4]. Этот ультразвук создается трением, ударом, турбулентностью и электрическим разрядом. Ультразвуковой детектор использует гетеродинный принцип для преобразования ультразвука в слышимый диапазон, как показано на рисунке. Направленный характер излучения ультразвука позволяет подтвердить местоположение источника ультразвука.



Принцип действия ультразвукового детектора

Обычно частоты ультразвуковых волн при частичном электрическом разряде внутри оборудования составляют от 20 кГц до 30 кГц. А в случае короны, частота ультразвуковых волн составляет около 40 кГц [5]. Таким образом, большая часть ультразвукового детектора имеет направленность в области специальной полосы пропускания частот. Пользователь будет сканировать электрооборудование. И при обнаружении коронного разряда будет слышен потрескивающий звук.

Источники

1. Goodman, M.: Using Sound Imaging to Enhance Your Diagnosis. UE Systems (2011).
2. Goodman, M.: Methods of Inspection to Determine the Presence of Potential Arc-Flash Incidents. NETA WORLD (2007).
3. Голенищев-Кутузов А.В., Голенищев-Кутузов В.А., Иванов Д.А., Хуснутдинов Р.А., Марданов Г.Д., Евдокимов И.А. Комплексный метод дистанционного контроля состояния высоковольтных изоляторов. Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2016;(5-6):87-93.
4. Голенищев-Кутузов А.В., Иванов Д.А., Потапов А.А., Кротов В.И. Использование бесконтактных методов диагностики высоких электрических полей. Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2019; 21(4):123-133.
5. Brady, J.: Corona and Tracking Conditions in Metal-clad Switchgear Case Studies. Brady Infrared Inspections (2006)

УДК 378.147

ИГРОВЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЭКОНОМИКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ»

О.В. Исаева

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Ю.Н. Зацаринная

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

isaeva.olga01@mail.ru

Данная статья посвящена созданию нового учебно-методического комплекса для изучения рынков электроэнергетики и мощности. Он включает в себя модуль, который

представляет собой смоделированную игру-симулятор энергетического рынка. Кроме того, этот комплекс предусматривает несколько типовых курсов, включая использование учебной литературы, системы тестирования и лабораторного практикума в игре-симуляторе.

Ключевые слова: деловая игра, оптовый рынок электроэнергии, розничный рынок электроэнергии, моделирование игры.

GAME METHODS OF TEACHING STUDENTS ON THE DISCIPLINE "ECONOMY OF ENERGY SYSTEMS"

O.V. Isaeva
KSPEU, Kazan, Russia
isaeva.olga01@mail.ru

This article is devoted to the creation of a new educational and methodological complex for the study of retail markets. It includes a module which is a simulated energy market simulation game. In addition, this complex provides several model courses, including the use of educational literature, testing system and laboratory application in a simulation game.

Keywords: business game, wholesale electricity market, retail electricity market, game simulation.

Возрастающий интерес к управлению рынком электроэнергии и все большее число специалистов, которые обращают внимание на это, подчеркивают актуальность проблем, связанных с этой областью [1]. Для решения вопросов, связанных с управлением рынка, возникает необходимость в решении этих проблем. Опыт образовательных организаций показывает, что использование профессиональных тренажеров в играх с подходящим методическим обеспечением может свободно обучать студентов работе на энергетическом рынке. Это общедоступная программа развития игр-симуляторов как части учебных методов. Основной целью создания учебно-методического комплекса является обеспечение студента всеми материалами, позволяющими изучить работу рынка электроэнергии и мощности самостоятельно в формате игры.

Для преобразования теоретического обучения в инновационно-практический формат необходимо использовать различные информационные

технологии и моделировать деловые игры. Активизация познавательной деятельности студентов и развитие их творческого мышления и способностей являются эффективным способом обучения, для чего требуется предложить постоянно усложняющиеся проблемно-теоретические и практические задачи [2].

Необходимо дать студентам возможность свободных поисков и развития своих личностных и профессиональных навыков, которые могут помочь им достичь успеха в своей предстоящей карьере и в жизни в целом. Среди эффективных активных форм и методов обучения, способствующих формированию наиболее важных профессиональных компетенций будущих специалистов, можно отметить проектный метод, публичные выступления, дискуссии, обучение в сотрудничестве, решение проблемных ситуаций, использование профессионально ориентированных видеофильмов, мультимедиа [3]. Классификация инновационных методов обучения по характеру учебно-познавательной деятельности включает два основных вида: имитационные и неимитационные. В свою очередь, имитационные методы делятся на игровые (учебные игры, деловые игры, игровые ситуации, тренинги, игровые приемы) и неигровые (case-study, ТРИЗ-работа, разбор деловой почты). Неимитационные методы: поисковая лабораторная работа, эвристическая беседа, семинары, дискуссии, самостоятельная работа с литературой [4].

В России нет образовательной платформы для изучения работы рынков на практике. Однако, опираясь на опыт преподавателя и теоретическую базу, его можно использовать для создания комфортных игр, которые включены в программу подготовки студентов-электроэнергетиков.

Например, для тренировки диспетчеров предприятий электрических сетей и энергосистем применяются специализированные и многофункциональные компьютерные тренажеры [5].

На данный момент есть многообразие электронных ресурсов по разным дисциплинам, среди них есть игры, используемые в образовательном процессе. Преподаватель в данном случае консультирует, контролирует итог и текущую ситуацию, мотивацию студентов к обучению. Планируется составлять список действий и их результаты для оценки работы участников-студентов. Будут оцениваться ошибочные действия, необходимые решения,

различные варианты событий. В одной из подобных игр студенты разделены на пять команд, конкурирующих между собой. Игроки берут на себя разные роли и погружаются в сложность принятия решений и влияние политики. Каждая команда представляет собой генерирующие компании. Они используют свои мощности в обмене электроэнергией и инвестируют в новые электростанции. В симуляции этой игры студенты более мотивированы для изучения рынка и его работы. Деловая игра содержит два типа деятельности: игровую и учебную. Игровая – выполнение своей роли в команде, учебная – обращение к теоретическому материалу в случае незнания информации.

Результатом внедрения деловой игры является повышение уровня экономических знаний у студентов в области рынков электроэнергии.

Источники

1. Бахтеева Н.З., Галимзянов Л.А., Шацких З.В. Конкурентный оптовый рынок электроэнергии и мощности: состояние и новые вызовы. Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2016;(5-6):70-78.

2. Голубцов Н.В., Нищёнков А.В., Фёдоров О.В. Управление развитием науки и образования в аспекте публикационной активности университетов // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2019; Т. 11, №3(43): 116-131.

3. Черкасов М.Н. Инновационные методы обучения студентов // «Инновации в науке»: материалы XIV Международной заочной научно-практической конференции. Ч. I. (19 ноября 2012 г.). – Новосибирск: СибАК, 2012. – С. 124–129.

4. Трощинский В.В. Методическое обеспечение деловых игр для обучения студентов электроэнергетического профиля // Электроэнергетика глазами молодежи: науч. тр. V Междунар. науч.-техн. конф., г. Томск, 10-11 ноября 1914 г. / Мин-во образования и науки РФ, Томский политехнический университет. –Томск. – Т. 2. – С. 620–624

5. Хрущев Ю.В., Бацева Н.Л., Мастерова О.А. Активизация подготовки студентов электроэнергетиков с помощью деловых игр // Известия вузов. Проблемы энергетики. – 2010. – № 3–4/І. – С. 38–41.

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ПО РЕШЕНИЮ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ НА КОРОНУ В СЕТЯХ СВЕРХВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Р.Р.Камалов¹, А.А.Латыпова²

Науч. рук. д-р техн. наук, доцент Г.В. Вагапов, канд. техн. наук, доцент Р.Н. Балобанов

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

¹kamalka7778@gmail.com, ²alsuu_es@mail.ru

В данном тезисе исследуется актуальность работы по снижению потерь на корону в высоковольтной электрической сети и приводятся самые действенные методы уменьшения этих потерь.

Ключевые слова: потери мощности на корону (ПК), увеличение диаметра провода, расширенные провода, z-провода, ферромагнитное покрытие.

THE MAIN METHODS FOR SOLVING THE REDUCTION OF CORONA LOSSES IN ULTRAHIGH VOLTAGE NETWORKS

R.R.Kamalov¹, A.A.Latypova²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russia

¹kamalka7778@gmail.com, ²alsuu_es@mail.ru

This thesis explores the relevance of work to reduce corona losses in a high-voltage electrical network and provides the most effective methods for reducing corona losses.

Keywords: corona power loss, wire diameter increase, expanded wires, z-wires, ferromagnetic coating.

Существованию коронного разряда на проводах ЛЭП способствует ионизация воздуха и протекание разрядного тока вблизи проводов, которое сопровождается свечением вблизи поверхности проводов, образованием озона и оксидов азота. Из-за коронного разряда происходит не только потери мощности, но и коррозия проводов, которая приводит к ухудшению работы элементов проводной связи и высокочастотных установок.

Методы уменьшения потерь на корону:

Одним из средств борьбы с короной является увеличение диаметра провода. Основным параметром при строительстве ЛЭП является выбор таких конструктивных параметров линии, при которых потери на корону, по крайней мере в теплую погоду близки к нулю.

Наименьшие допустимые диаметры одиночных проводов воздушных линий по условиям потерь на корону

Стандартное сечение, мм ²	АС-70	АС-120	АСО-240	АСО-600
Диаметр, мм	11,4	15,5	21,4	33,3
Допустимый ток, А	265	390	610	1050
r_a , Ом/км при 20°C	0,422	0,244	0,118	0,0498
Расстояние между проводами, м	3,5-4	4,5-5	5-6	6-7

Возможно увеличивать диаметр провода, используя различные наполнители внутри проводов, такие как алюминиевые трубки, секторные рамки, поддерживающие внутренние спирали из алюминиевых проводов или конструкции из проволок со стеклопластиковым наполнителем. Такие конструкции позволяют избежать чрезмерного расхода цветного металла и увеличения стоимости воздушных линий, и при этом сохраняется исходное поперечное сечение токопроводящей части [1].

Расщепленные провода получили наибольшее распространение в ЛЭП высокого и сверхвысокого напряжения, в которых фаза заменяется несколькими наиболее тонкими стандартными проводами, вместо одного провода большего сечения [2]. Они располагаются на определенном расстоянии друг от друга, но с суммарным сечением, равным сечению одинарного провода или несколько превышающим его. Расщепленные провода позволяют снизить уровень радиопомех. При расщеплении проводов использование дорогостоящих проводов теряет свою актуальность, но монтаж расщепленных проводов наиболее сложный и требует устройства для подвески проводов расщепленной фазы с поддержанием определенного шага

между проводами (40-50 см). Индуктивность линии снижается при использовании расщепленных проводов. Также уменьшается волновое сопротивление, что приводит к возрастанию пропускной способности передачи.

Экраны – важный способ борьбы с коронными разрядами. Экран представляет собой корпус или короб из тонколистовой стали, которая как бы заключает в себе все коронирующие части (болты, гайки, острые выступающие детали и т.д.) и электрически соединена коронирующими деталями, т.е. имеет тот же потенциал, что и коронирующие части установки. Использование экранов улучшает эстетический вид установки.

Из более современных методов борьбы с потерями на корону (ПК) можно считать использование проводов типа Z. В этом случае ПК снижаются за счет более гладкой оболочки провода. По сравнению с простыми сталесплавными проводами, для образования коронного разряда на z-проводах (AERO-Z и AAAZC) напряженность поля должна быть на 15% больше.

Ещё одним действенным методом является покрытие поверхности проводов ферромагнитными материалами с низкой температурой Кюри. Это позволяет сделать провода самозащищающимися от обледенения. При температуре провода ниже температуры Кюри, происходит перемагничивание покрытия провода и в покрытии выделяется тепло, что препятствует образованию на проводах гололедно-изморозительных отложений (ГИО). Таким образом, метод позволяет исключить самый высокий уровень потерь на корону, который имеет место при ГИО [1].

Из приведенных выше методов, способствующих снижению потерь на корону, можно сделать вывод, что наряду с достаточно старыми методами борьбы с ПК, существуют и разрабатываются более современные методы. Это позволяет увеличить количество конкурирующих между собой проектных решений при проектировании новых воздушных линий и модернизации существующих.

Источники

1. Снижение потерь мощности на корону на воздушных линиях электропередачи переменного тока / В. А. Костюшко, Л. В. Тимашова, А. С. Мерзляков [и др.] // Энергия единой сети. – 2016. – № 4(27). – С. 42-53. – EDN WIDLMD.

2. Зацаринная, Ю. Н. Потери мощности на корону на высоковольтных линиях и способы их снижения / Ю. Н. Зацаринная, А. И. Крайкоза // Энергетические системы. – 2017. – № 1. – С. 206-209. – EDN EYSLUS.

3. Патент на полезную модель № 43414 U1 Российская Федерация, МПК H02J 1/08. Воздушная линия электропередачи переменного тока сверх- и ультравысокого напряжения с оптимизированной конструкцией расщепленной фазы для уменьшения потерь на корону (варианты) : № 2004128150/22 : заявл. 21.09.2004 : опубл. 10.01.2005 / Н. Н. Тиходеев, Н. Б. Кутузова .

4. Линии с проводом AERO-Z и AAACZ — 7 преимуществ. Технические характеристики и сравнение с проводами AC [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://domikelectrica.ru/linii-s-provodom-aero-z-7-preimushhestv/> (дата обращения: 28.02.2023)

УДК 621.311

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МАЛЫХ ГЭС В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН

А.А. Латыпова

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Р.Н. Балобанов

ФГБОУ ВО “КГЭУ”, г. Казань

alsuu_es@mail.ru

В данной статье рассматривается использование потенциала малой гидроэнергетики в Республике Татарстан, ее состояние в настоящее время, перспективы ее развития, возможности, а также предложения для эффективного использования малых ГЭС, преимущества и недостатки.

Ключевые слова: малые ГЭС, распределенная генерация, автономное электроснабжение.

PROSPECTS OF SMALL HYDROPOWER APPLICATION IN THE REPUBLIC OF TATARSTAN

A.A. Latypova

KSPEU, Kazan, Russia

alsuu_es@mail.ru

The article provides an assessment of the using of the potential of small hydropower in the Republic of Tatarstan, its current state, prospects for its development, opportunities, as well as proposals for the effective use of small hydropower plants, its advantages and disadvantages.

Keywords: small hydropower plants, distributed generation, autonomous power supply.

Проектирование малых гидроэлектростанций с использованием напора уже существующих водохранилищ является актуальной и вполне выполняемой задачей. По результатам оценок, большой гидрологический потенциал республики Татарстан позволил бы построить 67 малых ГЭС с установленной мощностью 27 МВт. В этом случае ежегодная выработка электроэнергии станциями республики увеличится на 68 млн. кВт. ч.

Если целью проектирования малых ГЭС принять электроснабжение нефтедобывающих районов, то тогда в этих районах можно соорудить 32 малые ГЭС с установленной мощностью 12072 кВт. Эти МГЭС обеспечат выработку электроэнергии в объеме 39134 тыс. кВт. ч.

Проектно-изыскательные работы по строительству МГЭС следует начинать с анализа энергетического потенциала рек республики. Согласно нормативным документам к перечню таких рек отнесены реки Степной Зай (50098 кВт.ч/кв.км), Зай (43683 кВт.ч/кв.км), Малая Меша (32547 кВт.ч/кв.км), Мензеля (58375 кВт.ч/кв.км), Шешма (45712 кВт.ч/кв.км), Кичуй (43775 кВт.ч/кв.км), Зыча (32322 кВт.ч/кв.км) [1]. Наиболее перспективной для энергетического использования выявлена река Степной Зай с притоками - как крупный водоток, к тому же имеющий 2 больших водохранилища.

По результатам оценки в качестве варианта схемы выдачи мощности предлагаем соорудить новую малую гидроэлектростанцию на Альметьевском водохранилище реки Степной Зай (рис.1), в границах долины которой расположены нефтедобывающие скважины и промысловые нефтепроводы «Татнефти».

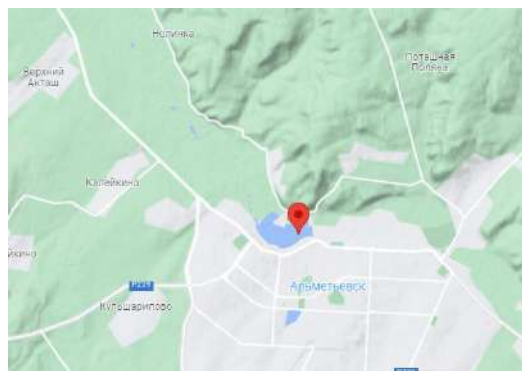


Рис.1 Месторасположение Альметьевского водохранилища

Для определения потенциальной мощности будущей МГЭС можно воспользоваться следующей формулой:

$$P=0,0098*Q*H_d,$$

где P – мощность, кВт; Q – расход воды, л/сек; H_d – полный гидростатический напор, м [2].

Величина гидростатического напора реки или водохранилища может быть значительной (как в водопадах) или небольшой. Чем больше перепад высот и расход воды, тем больше электроэнергии будет генерировать МГЭС. От того, как эффективно вода доставляется от вершины конструкции до основания, где расположены гидроагрегаты, зависит количество вырабатываемой электроэнергии. На это влияют типы используемых труб и их габаритные размеры и характеристики. Если в ходе исследования установлено, что водохранилище имеет достаточный расход воды и гидростатический напор, фокус внимания переходит уже к другим аспектам проектирования: выбору основного и вспомогательного оборудования, технико-экономическим расчетам и расчетам затрат на материалы, рабочую силу и др [3].

Использование малых ГЭС позволяет увеличить общую выработку электроэнергии энергосистемой, что решит проблему бесперебойного электроснабжения отдаленных нефтяных скважин. К тому же, строительство малой ГЭС в Альметьевске приведет к появлению новых рабочих мест. При этом при проектировании станции на Альметьевском водохранилище необходимо соблюдать потребности и других водопользователей, которые пользуются ресурсами реки Степной Зай.

Спроектированная станция может работать как автономно, отдельно от единой энергосистемы, так же и при параллельной работе с энергосистемой. К тому же станция позволит разгрузить энергосистему по мощности в часы максимальных нагрузок.

Источники

1. Постановление №763 Кабинета Министров Республики Татарстан от 22 октября 2008 года «Об утверждении программы развития и размещения производительных сил Республики Татарстан на основе кластерного подхода до 2020 года и на период до 2030 года (в редакции Постановления Кабинета Министров Республики Татарстан от 26.09.2015 года №711)

2. Федотов Д.А. Перспективы развития распределенной генерации за счет строительства малых ГЭС // Выпускная квалификационная работа магистра. – Санкт-Петербург. – 2020 г.

3. Дородных, А. А. Перспективы строительства малых ГЭС как экологичного и энергоэффективного возобновляемого источника энергии / А. А. Дородных // Промышленное и гражданское строительство. – 2017. – № 4. – С. 82-86. – EDN UKPDOX.

УДК 621.315

ВИБРАЦИИ В ПРОВОДАХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

А.Д. Махмутов

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор Г.В. Вагапов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

phenomen.cfg@mail.ru

В статье рассмотрены вопросы возникновения вибрации на проводах линий электропередач, кроме того, раскрыты основные понятия. Показаны величины, характеризующие степень возникающей вибрации в проводах ЛЭП. Помимо теоретических сведений в статье имеются рисунки для полного понимания характеристик вибрации. Указаны необходимые диапазоны ветра, амплитуды, частоты и расстояния.

Ключевые слова: воздушные линии, электропередач, колебания, вибрация.

WIRES VIBRATIONS IN POWER LINES

A.D. Mahmutov

KSPEU, Kazan, Russia

phenomen.cfg@mail.ru

The article deals with the issues of the occurrence of vibration on the wires of power lines, in addition, the basic concepts are disclosed. The values characterizing the degree of vibration occurring in the power line wires are shown. In addition to theoretical information, the article contains drawings for a complete understanding of vibration characteristics. The necessary wind ranges, amplitudes, frequencies and distances are indicated.

Ключевые слова: overhead lines, power lines, vibrations, vibration.

Понятие вибрации в воздушных линиях электропередач заключается в возникающих периодических колебаниях из-за ветра, главным образом, в вертикальной плоскости и образующие на длине пролета стоячие волны.

При небольшом отклонении от состояния равновесия появляются пучности, а при возникновении только угловых колебаний – узлы [1].

Для возникновения вибрации в проводах воздушных линий электропередач необходимо достичь диапазона частоты от 3 до 150 Гц, а расстояние между двумя узлами должна быть до 30 метров [2].

Уровень вибрации характеризуется:

- амплитудой колебания в пучности;
- углом вибрации;
- амплитудой изгиба
- амплитудой деформации провода в зажиме;
- амплитудой циклических напряжений в точке выхода провода из зажима [3].

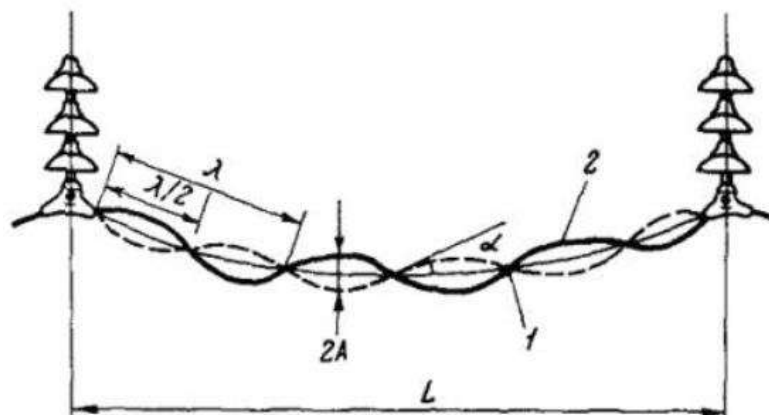


Рис.1. Стоячая волна вибрации провода в пролете ВЛ

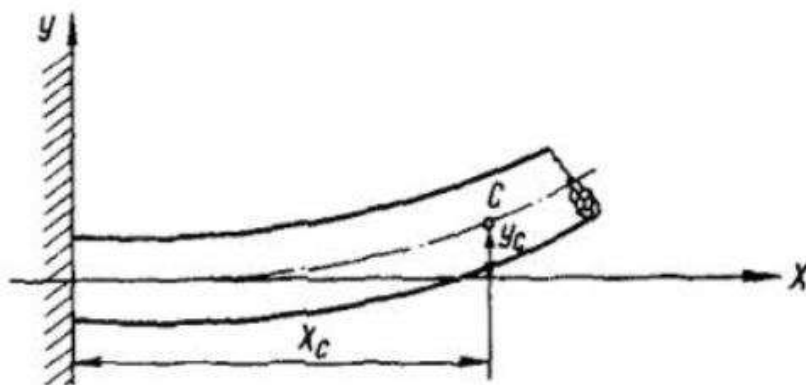


Рис.2. Деформированное состояние провода при жестком закреплении на конце

На рисунке 1 показано состояние вибрации провода в пролете воздушной линии, для понимания того, что A – является амплитудой колебания, $2A$ – размах колебания, α – угол вибрации, λ – длиной волны колебания, L – длиной пролета [4].

На рисунке 2 показано деформированное состояние провода при жестком закреплении на конце, для понимания того, что y_c – изгибная амплитуда; x_c – расстояние от последней точки контакта провода с зажимом

В общем виде, вибрация является конечным результатом воздействия ветра со скоростью от 0,6 до 7 м/с на провода воздушных линий электропередач. Вихри, появляющиеся за проводами ЛЭП уходят воздушными потоками, являясь тем самым началом образования вихрей с противоположным направлением [5].

Источники

1.Брякин И.В., Бочкарев И.В. Датчик виброперемещений для систем мониторинга состояния конструктивных элементов высоковольтных линий электропередач. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики 2022;24(4):63-76

2. Гатиятов И.З., Сабитов Л.С. Способы и установки контроля опор из трубчатых стержней, применяемых в энергетическом строительстве при воздействии на них статических и динамических нагрузок. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2018;20(5-6):93-101

3. Ярославский Д.А., Нгуен В.В., Садыков М.Ф., Горячев М.П., Наумов А.А. Модель собственных гармонических колебаний провода для задач мониторинга состояния воздушных линий электропередачи. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020;22(3):97-106.

4. Голенищев-Кутузов А.В., Иванов Д.А., Потапов А.А., Кротов В.И. Использование бесконтактных методов диагностики высоких электрических полей. Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2019;21(4):123-133.

5. Федотов А.И., Вагапов Г.В., Абдуллазянов А.Ф., Шаряпов А.М. Цифровая система мониторинга повреждений на линиях электропередачи. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021;23(1):146-155.

УДК 621.315

КОЛЕБАНИЯ В ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

А.Д. Махмутов

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор Г.В. Вагапов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

phenomen.cfg@mail.ru

В статье рассмотрена природа возникновения вибрации на одном из важнейших элементов электрической сети, необходимого для передачи электричества, то есть, воздушных линиях электропередач. Также рассмотрена частота колебаний, ее диапазон при возникновении вибрации из-за атмосферных воздействий.

Ключевые слова: воздушные линии, электропередач, колебания, вибрация.

OSCILLATIONS IN POWER LINES

A.D. Mahmutov
KSPEU, Kazan, Russia
phenomen.cfg@mail.ru

The article considers the nature of the occurrence of vibration on one of the most important elements of the electrical network necessary for the transmission of electricity, that is, overhead power lines. The oscillation frequency and its range when vibration occurs due to atmospheric influences are also considered.

Ключевые слова: overhead lines, power lines, vibrations, vibration.

Способом передачи электричества на значительные расстояния является воздушные линии электропередач (ЛЭП). В виду того, что рабочие элементы расположены на открытой местности невозможно вовсе исключить воздействия на них внешних факторов. На ЛЭП возникают периодические колебания, называемые вибрацией. Степень оказываемых механических нагрузок определяет сила ветра. Поэтому при проектировании ЛЭП необходимо уделить особое внимание скорости и направлению ветра. При возникновении слагающей на провода оказывается динамическое усилие, что может вызвать падение опор [1].

Периодические колебания провода, возникающие при малой амплитуде и большой частоте, в вертикальной плоскости называются вибрацией. Эти колебания возможны при небольшом ветре (0,5-8 м/с) при условии исключения гололеда [2].

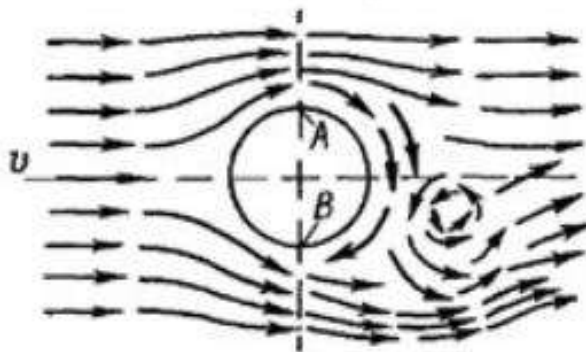


Рис.1. Образование вихря за проводом

На рис.1 потоки ветра проходят цилиндрическую поверхность провода ЛЭП, образуя круговой поток. В части А скорость движения ветра преобладает в сравнении с частью В. Происходящее можно объяснить срывом вихрей потока с нижней и верхней стороны, в следствии чего возникает дисбаланс давлений. В данном случае возникает горизонтальная составляющая давления потока [3,4].

В случае совпадения частоты собственных колебаний с частотой вихрей, то колебания образуются в вертикальной плоскости.

Разберем значение собственных колебаний. При случае, исключающего внешние воздействия возникают колебания в результате начального отклонения. В этом случае в определённых местах образуются пучности волн, в которых достигаются максимальные значения амплитуды. Неподвижные точки будут называться узлами, определяющие угловые перемещения провода, то есть будет происходить процесс их изгиба и вращения [5].



Рис.2. Стоячая волна

Источники

1.Брякин И.В., Бочкарев И.В. Датчик виброперемещений для систем мониторинга состояния конструктивных элементов высоковольтных линий электропередач. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики 2022;24(4):63-76.

2. Гатиятов И.З., Сабитов Л.С. Способы и установки контроля опор из трубчатых стержней, применяемых в энергетическом строительстве при воздействии на них статических и динамических нагрузок. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2018;20(5-6):93-101.

3. Ярославский Д.А., Нгуен В.В., Садыков М.Ф., Горячев М.П., Наумов А.А. Модель собственных гармонических колебаний провода для задач

мониторинга состояния воздушных линий электропередачи. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020;22(3):97-106.

4. Голенищев-Кутузов А.В., Иванов Д.А., Потапов А.А., Кротов В.И. Использование бесконтактных методов диагностики высоких электрических полей. Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2019;21(4):123-133.

5. Федотов А.И., Вагапов Г.В., Абдуллазянов А.Ф., Шаряпов А.М. Цифровая система мониторинга повреждений на линиях электропередачи. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021;23(1):146-155.

УДК 621.315

ВИБРОДИАГНОСТИКА ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

А.Д. Махмутов

Науч. рук. д-р техн. наук, профессор Г.В. Вагапов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

phenomen.cfg@mail.ru

В статье рассматривается наиболее эффективный метод неразрушающего контроля, а именно, вибродиагностика, необходимая для предотвращения возникновения неисправностей в опорах ВЛЭП.

Ключевые слова: воздушные линии, электропередач, колебания, вибрация.

VIBRODIAGNOSTICS OF POWER LINES

A.D. Mahmutov

KSPEU, Kazan, Russia

phenomen.cfg@mail.ru

The article discusses the most effective method of non-destructive testing, namely, vibration diagnostics, which is necessary to prevent the occurrence of malfunctions in the supports of high-voltage transmission lines.

Ключевые слова: overhead lines, power lines, vibrations, vibration.

При обтекании проводов потоком воздуха, направленным поперек оси линии или под некоторым углом к этой оси, с подветренной стороны провода возникают завихрения. Периодически происходят отрывы ветра от провода и образование вихрей противоположного направления [1].

В. Строугалем была разработана безразмерная величина St , которая играет роль взаимосвязи диаметра, частоты вихреобразований и скорости потока [2].

$$Sh = \frac{\gamma D}{V}$$

где

γ - частота образования вихрей;

D - диаметр цилиндра;

V - скорость потока.

Число Строугеля для аэродинамических проводов соответствует значению 0,18-0,22 [3].

Частоту образования вихрей возможно найти по следующей формуле [4]:

$$\gamma = \frac{SV}{D}$$

где γ - частота образования воздушных вихрей, Гц;

V - скорость ветра, м/с;

D - диаметр провода, мм;

$St = 0,18 \div 0,22$ - число Струхаля.

При развитии вихря скорость потока ветра с одной стороны больше. А при создании последующего вихря с противоположным направлением, получается обратное соотношение скоростей потока. В соответствии с законом Бернули разница скорости потока и давления взаимосвязаны, они соответствуют друг другу, увеличенной скорости соответствует малое давление и наоборот. Периодическому образованию вихрей сопутствуют периодические импульсы силы, поочередно действующие на провод на данном его участке то снизу, то сверху [5].

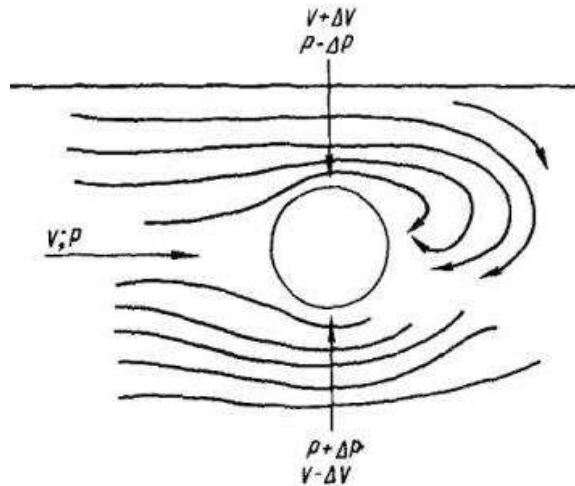


Схема вихреобразования за проводом

Возникновение вибрации характеризуется совпадением частоты таких динамических импульсов с одной из собственных частот упругой системы, которую представляет собой натянутый в полете провод. Это ведет к увеличению амплитуды колебания. Данные колебательные движения приводят к срыву вихрей, синхронизируя срыв вихрей с переменной направления движения провода. Развитие этих величин продолжается до получения состояния баланса энергии ветра (аэродинамические импульсы) и потерь на рассеивание энергии колеблющимся проводом.

Источники

- 1.Брякин И.В., Бочкарев И.В. Датчик виброперемещений для систем мониторинга состояния конструктивных элементов высоковольтных линий электропередач. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики 2022;24(4):63-76.
2. Гатиятов И.З., Сабитов Л.С. Способы и установки контроля опор из трубчатых стержней, применяемых в энергетическом строительстве при воздействии на них статических и динамических нагрузок. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2018;20(5-6):93-101.
3. Ярославский Д.А., Нгуен В.В., Садыков М.Ф., Горячев М.П., Наумов А.А. Модель собственных гармонических колебаний провода для задач мониторинга состояния воздушных линий электропередачи. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2020;22(3):97-106.

4. Голенищев-Кутузов А.В., Иванов Д.А., Потапов А.А., Кротов В.И. Использование бесконтактных методов диагностики высоких электрических полей. Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. 2019;21(4):123-133.

5. Федотов А.И., Вагапов Г.В., Абдуллазянов А.Ф., Шаряпов А.М. Цифровая система мониторинга повреждений на линиях электропередачи. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021;23(1):146-155.

УДК 621.314.04

КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ВВОДОВ ТРАНСФОРМАТОРОВ УСТРОЙСТВАМИ НА БАЗЕ МИКРОПРОЦЕССОРОВ

Д.В. Мелешкин¹, А.А. Любишев²

Науч. рук. канд. тех. наук, доцент Р.Н. Хизбуллин

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ» г. Казань

^{1,2}dmitryrare@mail.ru

В данной работе рассматривается контроль за состоянием высоковольтных вводов трансформаторов на базе микропроцессоров, считывающих оперативные параметры ввода.

Ключевые слова: диагностика ввода, контроль ввода трансформатора, ввод трансформатора, устройства контроля.

MONITORING AND DIAGNOSTICS OF HIGH-VOLTAGE BUSHINGS OF TRANSFORMERS BY DEVICES BASED ON MICROPROCESSORS

D.V. Meleshkin¹, A.A. Lyubishev²

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

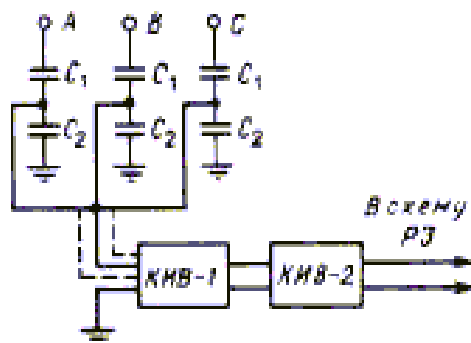
^{1,2}dmitryrare@mail.ru

This paper considers the control over the state of high-voltage bushings of transformers based on microprocessors that read the operational parameters of the bushing.

Keywords: bushing diagnostics, transformer-bushing control, transformer bushing, and control devices.

Основными причинами ухудшения состояния внутренней изоляции вводов являются электрический износ вследствие развития частичных разрядов, термическое старение, окисление изоляции и повышенная влажность. Образование дефектов определяется совокупностью этих процессов.

Метод непрерывного контроля изоляции вводов заключается в проверке значений емкостного (несимметричного) тока в нулевом проводе звезды, образуемого при подключении измерительных отводов всех вводов трехфазного трансформатора. Устройство (см. рисунок) состоит из двух блоков: КИВ-1, устанавливается в распределительной коробке вторичной цепи на трансформаторе или рядом с ним, и КИВ-2, устанавливается на щите защиты реле трансформатора.



Структурная схема устройства контроля изоляции ввода

В блоке КИВ-1 есть фильтр, позволяющий сгладить несимметричные напряжения, вызванные высшими гармониками. Отводы позволяют уменьшить несимметричный ток, вызванный разницей емкостных значений входов; затем провод от каждого ввода подключается к соответствующему отводу трансформатора и формируется «звезда» непосредственно в блоке КИВ-1. Прибор Кив-2 имеет миллиамперметр для измерения тока небаланса, выпрямитель, сигнальную лампу накаливания и выходное реле, потенциометр для изменения заданного тока, усилитель.

При выходе из строя одного ввода увеличивается его емкость, в нулевом проводе и, соответственно, в первичной обмотке трансформатора Кив-1 увеличивается ток небаланса.

После усиления и выпрямления сигнал поступает в схему релейной защиты с отключением или сигнализацией. Чтобы устройство не

отключалось при переходных процессах и кратковременных повышениях напряжения, его время срабатывания устанавливается не менее 8 с.

В нормальных условиях емкостной ток ввода 500кВ составляет около 100мА, а сумма токов трех фаз рабочих вводов 3-5мА. В приборе КИВ-2 потенциометр позволяет изменять рабочий ток и уставку в диапазоне 3-15 мА. Для уменьшения погрешности кабель между блоками Кив-1 и Кив-2 необходимо экранировать.

Устройство марки «КИВ-500/110» призвано решить две важные практические задачи:

- эффективная диагностика технического состояния высоковольтных вводов, выявление неисправностей в них на начальных стадиях, идентификация неисправного ввода и вида повреждения изоляции.

- оперативное формирование защитных сигналов об аварийном и предаварийном состоянии вводов, что позволяет своевременно вывести трансформатор из эксплуатации и минимизировать последствия аварийного срабатывания вводов.

Устройство предназначено для работы с вводами практически любого рабочего напряжения - от 110 до 750 кВ. Это стало возможным благодаря использованию электронной измерительной схемы с высокой чувствительностью.

Устройство будет работать и в том случае, если по каким-либо причинам на регулируемом трансформаторе установлены вводы разных марок, даже если эти вводы имеют разные виды изоляции.

Источники

1. Новак А.В. Методика оценки технического состояния основного технологического оборудования и линий электропередачи электрических станций и электрических сетей Министерство энергетики РФ, 2017. – 162 с.

2. Разевига Д.В. Техника высоких напряжений. Изд.2-е, переработанное и дополненное, Москва, «Энергия»,1976 (2.1-2.14)

3. Monga S. et al. Design optimization of high voltage bushing using electric field computations //IEEE Transactions on Dielectrics and electrical Insulation. – 2006. – Т. 13. – №. 6. – С. 1217-1224.

ПРЕИМУЩЕСТВА ИНФРАКРАСНОЙ ТЕРМОГРАФИИ КАК МЕТОДА ВЫЯВЛЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

А.Р. Мифтахов

Науч. рук. канд. тех. наук, доцент А.Х. Сабитов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

aidar.miftakhof@yandex.ru

В статье рассматривается метод диагностики инфракрасной термографией как одного из наиболее эффективных. Использование инфракрасного излучения имеет большие преимущества, поскольку позволяет оценить состояние оборудования, не выводя его из рабочего состояния.

Ключевые слова: электрооборудование, диагностика, неразрушающий контроль, энергосистема, инфракрасная термография.

ADVANTAGES OF INFRARED THERMOGRAPHY AS A METHOD OF DETECTING ELECTRICAL EQUIPMENT MALFUNCTIONS

A.R. Miftakhov

KSPEU, Kazan, Russia

aidar.miftakhof@yandex.ru

The article discusses the method of diagnosis by infrared thermography as one of the most effective. The use of infrared radiation has great advantages, since it allows you to assess the condition of the equipment without taking it out of working condition.

Keywords: electrical equipment, diagnostics, non-destructive testing, power system, infrared thermography

Диагностика различных элементов электроэнергетических систем обеспечивает бесперебойное электроснабжение потребителей и является неотъемлемым этапом достижения безопасности на промышленных предприятиях и предотвращения аварий, которые могут угрожать жизни и здоровью людей.

Оценка технического состояния электрооборудования является важнейшим элементом всех основных аспектов эксплуатации электростанций и подстанций [1].

Выявление неисправности оборудования – это основная задача диагностики электротехнических устройств [2]. Неразрушающий контроль представляет собой методы оценки состояния и остаточного ресурса электрооборудования, его надежности и параметров, которые не требуют приостановления работы аппарата или его разборки. Одним из таких методов является инфракрасная термография.

Согласно ГОСТ 53689–2009 принцип данного метода заключается в регистрации тепловых или температурных полей контролируемого объекта, что позволяет предупреждать выход элемента из строя.

Исследование актуальных источников подтверждает, что метод инфракрасной термоскопии является одним из наиболее экономически целесообразных при решении задач, возникающих в процессе эксплуатации. В свою очередь, это дает возможность проводить систематические проверки техоборудования.

Следует осуществлять тепловизионный осмотр перед каждым плановым ремонтом для поиска характерных признаков дефектов, например, проблем контактных систем устройств, состояние которых склонно к ухудшению из-за влияния физических факторов: высокая температура, является причиной расширения металлов, что со временем приводит к ослаблению контактов и еще большему перегреву. Своевременно проведенное техническое тепловизионное обследование электрооборудования выявляет потенциально аварийно-опасные участки электрической сети, которые могли привести к поломке оборудования и дополнительным материальным затратам [3].

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что надежность функционирования электроэнергетических систем и сетей напрямую обусловлена работой каждого из элементов. Контроль с использованием приборов инфракрасной техники обеспечивает возможность диагностики теплового состояния элементов электроустановок без вывода их из процесса работы.

Идентификация дефектов на начальном этапе их возникновения уменьшает затраты на дальнейшее эксплуатационное обслуживание благодаря аналитическому прогнозу сроков и объемов ремонтных работ.

Доступность, простота и эффективность делает инфракрасную термографию одним из наиболее оптимальных методов диагностики электрооборудования энергосистем.

Источники

1. Захаров О.Г. Поиск дефектов в релейно-контакторных схемах. М. : НТФ «Энергопресс», «Энергетик», 2010. С. 96.
2. Девинс Д. Энергия / Пер. с англ. М. : Энергоатомиздат, 1985. 360 с.
S. V. Popomarev [et al.] // Conference Series: Materials Science and Engineering, 2015. T. 71. С. 012056.

УДК 621.315

ДИАГНОСТИКА СИЛОВЫХ КАБЕЛЕЙ ПРИБОРОМ CPDA

Р. И. Рамазанова¹, Р. Н. Рахмаев²

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Ю.Н. Зацаринная

¹ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

²ООО ИЦ «Энергоразвитие»

¹reginaramazanova2777@gmail.com, ²rahmai3074@gmail.com

В данной статье рассмотрен вопрос оценки качества изоляции силовых кабельных линий с помощью характеристик частичных разрядов. Для диагностики был изучен прибор CPDA и его функции. Проведено исследование рефлектограмм разных линий электропередач и сделаны выводы по дальнейшей эксплуатации и проверке.

Ключевые слова: изоляция, диагностика, кабельные линии, частичный разряд, рефлектограмма.

DIAGNOSTICS OF POWER CABLES WITH THE CPDA-15 DEVICE

R. I. Ramazanova², R. N. Rakhmayev¹

¹KSPEU, Kazan, Russia

²LLC «Energorezvitie»

¹reginaramazanova2777@gmail.com, ²rahmai3074@gmail.com

This article discusses the issue of assessing the quality of insulation of power cable lines using the characteristics of partial discharges. For diagnostics, the CPDA device and its functions were studied. A study of the reflectograms of different power lines was carried out and conclusions were drawn on further operation and verification.

Keywords: isolation, diagnostics, cable lines, partial discharge, reflectogram.

Силовые кабельные линии нашли широкое применение в городских электросетях. Быстрое и точное определение места повреждения линии распределения электроэнергии очень важно для обеспечения надежного электроснабжения. Для того, чтобы предотвратить появление аварии, необходимо вести диагностику кабельных линий [1].

Одним из таких методов является диагностика активности частичного разряда (ЧР), как показатель дефекта изоляции. Данный метод относится к неразрушающему контролю оценки кабельной линии. Измерения ЧР позволяют определить допустимую величину разряда, они предоставляют информацию о повреждениях изоляции при эксплуатационном напряжении или дефектах, возникших во время транспортировки или монтажа. Онлайн-мониторинг позволит непрерывно следить за информацией о прогрессирующей деградации или износе во время эксплуатации [2].

Для нашего анализа были взяты реальные измерения силовых кабелей АПвБВнг(А)-Is 3x150/35. Данный тип кабеля применяется при прокладке линий электропередач и распределения. Диагностика данных должна происходить по нескольким замерам. Если взять отдельный замер, то он может показать случайные импульсы ЧР, что является нормальным в исправных кабельных линиях. Нас интересуют повторяющиеся частичные разряды, возникающие в одном и том же месте [3].

Рефлектограмма первого исследуемого силового кабеля представлена на 1 рисунке.



Рис. 1. Рефлектограмма первого силового кабеля

В данной кабельной линии мы видим четкий зондирующий импульс, отсутствуют отраженные сигналы, есть только небольшие помехи. Это свидетельствует о точном согласовании выходного сопротивления рефлектометра с волновым, отсутствуют повреждения на линии.

На диаграмме распределения импульсов ЧР по длине кабеля (рисунок 2) зафиксировано 3 частичных разряда, с максимальной величиной кажущегося разряда 850 пКл. Кабельные линии, у которых величина ЧР менее 1200 пКл проходят повторную диагностику через 5 лет [4].

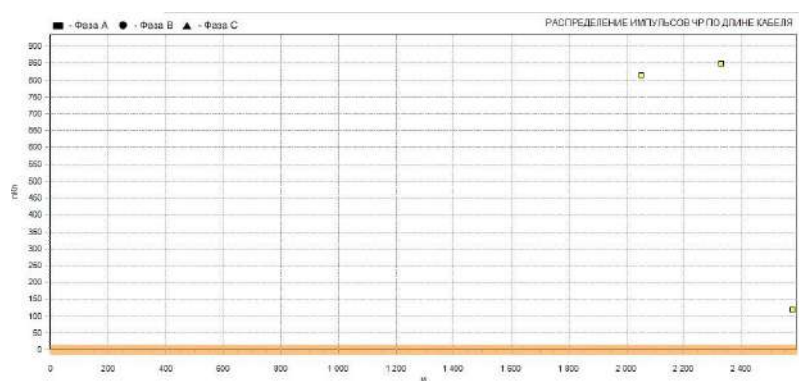


Рис. 2. Распределение импульсов ЧР первого силового кабеля

Теперь в качестве обратного примера рассмотрим диаграмму распределения импульсов ЧР второго кабеля на рисунке 3.

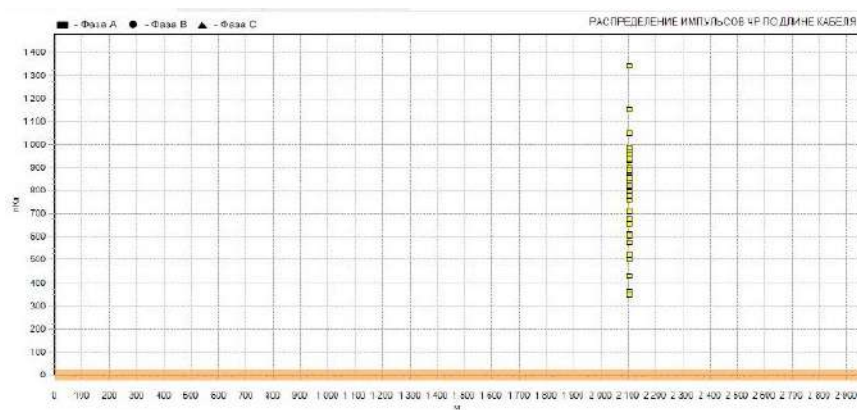


Рис. 3. Распределение импульсов ЧР второго силового кабеля

Здесь зафиксировано несколько десятков частичных разрядов на длине кабеля 2100 м. Самый максимальный из них достигает величины 1350 пКл.

От 1200 пКл до 7500 пКл – диагностика кабельной линии должна проводиться каждый год [4].

Таким образом, диагностика кабельных линий прибором CPDA для оценки состояния изоляции кабельных линий позволяет нам проанализировать работоспособность кабеля и через какое время будет необходимо провести повторную диагностику.

Источники

1. Федяков И.В. Электроэнергетика: износ оборудования как системная проблема отрасли. Академия Энергетики, № 1, 2013.– С.4-9.
2. Таджибаев А.И., Канискин В.А., Пугачев А.А. Оценка технического состояния кабелей и кабельных сетей. – СПб.: ПЭИПК, 2007. – 173 с.
3. «CPDA» Система контроля изоляции кабельных линий/ Руководство по эксплуатации.: сайт: URL: <https://dimrus.ru/cpda.html> (дата обращения: 01.03.2023) – Текст: электронный.
4. Поляков Д. А., Никитин К. И., Терещенко Н. А., Комаров И. В., Полякова У. В. Исследование зависимости мощности частичных разрядов от напряжения в кабелях с изоляцией из сшитого полиэтилена// Омский научный вестник. 2020 №1. С. 39-44

УДК 621.316.5

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗРАБОТКИ МОНИТОРИНГА ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ НАГРУЗКИ НА СТАНЦИЯХ И ПОДСТАНЦИЯХ

Б.П. Тарасов

Науч. рук. канд.техн.наук, доцент А.Ю. Кубарев
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
tarasovbogdanpav@mail.ru

Актуальной задачей является обеспечение бесперебойной работы энергосистемы. В связи с этим особый интерес представляет разработка мониторинга коммутационных аппаратов в реальном времени. В данной работе рассмотрено два актуальных метода определения остаточного коммутационного ресурса высоковольтных выключателей (ВВ),

указаны преимущества и недостатки каждой из них, и возможное дальнейшее развитие системы мониторинга.

Ключевые слова: высоковольтный выключатель, остаточный ресурс, мониторинг.

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF MONITORING OF THE RESIDUAL LIFE OF POWER CIRCUIT-BREAKER AT STATIONS AND SUBSTATIONS

B.P. Tarasov

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

tarasovbogdanpav@mail.ru

An urgent task is to ensure the uninterrupted operation of the power system. In this regard, the development of monitoring of switching devices in real time is of particular interest. The article discusses two current methods for determining the residual switching resource of power circuit-breakers, the advantages and disadvantages of each of them, and the possible further development of the monitoring system.

Keywords: power circuit-breaker, residual life, monitoring.

На сегодняшний день на производстве используется приближенная формула расчета остаточного ресурса ВВ. Из-за этого плановый ремонт или замена выключателя может происходить раньше выработки его полного ресурса. Целью данной работы является исследование перспектив разработки мониторинга остаточного ресурса ВВ нагрузки на станциях и подстанциях для экономически выгодного использования оборудования.

Для более точного определения остаточного ресурса необходимо скорректировать формулу для разных типов выключателей и разработать или применить уже существующий программно-аналитический комплекс для расчета сработанного ресурса.

Для диагностики ВВ известен метод определения сработанного и остаточного ресурса выключателя – по отношению текущего тока в момент отключения к номинальному току срабатывания выключателя [1]. Преимуществом данного метода является применение поправочного коэффициента в случае отключения тока, при котором не возникает устойчивой дуги. Также к плюсам можно добавить отсутствие необходимости в установке дополнительного оборудования. К минусам этого метода можно

отнести то, что не берется в расчет время устойчивой дуги и не учитывается накопительный эффект при включении и отключении.

В методе [2] предложено определение сработавшего и остаточного ресурса выключателя по величине энергии коммутации. Авторы используют больше параметров для реализации более точной диагностики остаточного ресурса ВВ.

Средствами первичного сбора данных может служить как дополнительное оборудование, так и стандартная микропроцессорная релейная защита, установленная на ВВ. Для визуализации и обработки сигналов необходимо использовать SCADA с человеко-машинным интерфейсом, и с предоставлением доступа через интернет [3].

В данной работе проведен анализ перспектив разработки мониторинга остаточного ресурса ВВ. Освещены методы диагностики, сбора и обработки данных. Проведенное исследование дает представление о потенциальном развитии систем мониторинга.

Источники

1. Виноградов А.В., Лансберг А.А. Анализ парка и оценка коммутационного ресурса выключателей 10 кВ филиала ПАО «Россети центр» - «Орелэнерго» // ИЗВУЗ. Проблемы энергетики. 2022. Т.24. № 5. С. 61-73.

2. Киселев Д.В., Рябишина Л.А. Диагностика высоковольтного выключателя на базе микропроцессорной релейной защиты // Булатовские чтения. 2020. Т. 6. С. 298-301

3. Scada infinity_ds, состоящая из компонентов: сервер данных scada infinity_ds, сервер архивов/приложений/web доступа scada infinity_ds, арм диспетчера/энергетика scada infinity_ds, арм администратора scada infinity_ds: пат. 2017662220 Рос. Федерация № 2017613176; заявл. 10.04.2017; опубл. 01.11.2017.

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА POWERFACTORY ПРИ АНАЛИЗЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СЕТИ

Р.Ш. Хайбуллин¹, Г.Р. Валеева²

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Е.А. Федотов

^{1,2}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Российская Федерация

¹ruslan070500@gmail.com, ²guzel-valeeva-99@mail.ru

В настоящей работе проведен анализ применения среды *Powerfactory* для анализа параметров сети, режимов работы сети и мониторинга показателей. Были изучены особенности программного комплекса, особенности и способы применения. Также был проведен анализ применения программного комплекса *Powerfactory* при изучении различных режимов работы, и какие преимущества при анализе каждого режима он может дать пользователю.

Ключевые слова: *Powerfactory*, режимы работы, программный комплекс, электрическая сеть, мониторинг.

EVALUATION OF THE POSSIBILITY OF APPLICATION OF THE POWERFACTORY SOFTWARE COMPLEX IN THE ANALYSIS OF NETWORK OPERATION MODES

R.Sh. Khaibullin¹, G.R. Valeeva²

^{1,2}KSPEU, Kazan, Russian Federation

¹ruslan070500@gmail.com, ²guzel-valeeva-99@mail.ru

In this paper, we analyzed the use of the *Powerfactory* environment for analyzing network parameters, network operation modes, and monitoring indicators. The features of the software package, features and methods of application were studied. An analysis was also made of the use of the *Powerfactory* software package in the study of various operating modes, and what advantages it can give the user when analyzing each mode.

Keywords: *Powerfactory*, operating modes, software package, electrical network, monitoring.

Для надежного и бесперебойного энергоснабжения потребителей требуется постоянный мониторинг параметров сети. Мониторинг позволяет оценить текущее состояние сети, а также определить режим ее работы для быстрого реагирования в случае отклонений от нормативных значений.

Режим работы энергетической системы представляет собой некоторое состояние, при котором система имеет определенные значения следующих параметров: частота, мощность, ток, напряжение и т.д.[1].

Энергосистема может находиться в различных режимах, и в каждом из режимов необходимо решить различные задачи управления, требуются различные степени автоматизации управления и соблюдения организационных иерархий между оперативным персоналом на разных уровнях управления. Принято выделять режимы, представленные на рисунке [2],[3].



Рис.1. Режимы работы сети

Постоянный мониторинг состояния является ресурсозатратным мероприятием, для снижения издержек и получения качественной и достоверной информации в короткий срок, необходимо моделирование поведения системы. Для моделирования была выделена среда Powerfactory.

Powerfactory является разработкой компании DIgSILENT. Данный программный комплекс включает в себя функции исследования, проектирования, проведения различных расчетов и моделирования энергетической системы[4].

Powerfactory позволяет решить следующие ключевые задачи:

- Расчет установившихся режимов (симметричных и несимметричных), токов короткого замыкания для сетей переменного и постоянного тока;
- Проведение анализа режимов напряжения и планирование резервов реактивной мощности с помощью методов PV- и QV-кривых, VQ-чувствительности;

- Моделирование электромагнитных и электромеханических переходных процессов, расчеты статической (модальный анализ характеристической матрицы, QR-алгоритм) и динамической устойчивости.

Программный комплекс PowerFactory является мощным инструментом для исследования, моделирования, анализа и оптимизации режимов энергосистемы. С помощью программы возможно моделирование различных сценариев возмущений в сети и определить, как при этом будет вести себя энергетическая система. Моделирование может помочь определить проблемные зоны в сети и разработать планы по улучшению надежности системы. PowerFactory может помочь определить влияние аварий на работу системы, выявить уязвимые места в сети и предложить меры по их предотвращению, а также оценить степень устойчивости системы к возможным аварийным ситуациям. Математически описанные модели элементов, такие как: генераторы, трансформаторы, линии имеют достаточную точность при решении подобного типа поставленных задач.

Программа PowerFactory также может быть полезна при исследовании нормальных режимов работы энергосистем. Она может использоваться для анализа стабильности и качества электроэнергетической сети в нормальных условиях. В частности, она может помочь в определении наилучшего распределения нагрузки в сети, оптимизации работы генераторов, а также в прогнозировании будущих потребностей в энергии.

Также, программа может использоваться для анализа качества электроснабжения, в том числе для оценки уровня напряжения в разных точках сети, определения мощности реактивной нагрузки и расчета потерь энергии в сети. Все это может помочь диспетчерам и эксплуатационным персоналом принимать решения, направленные на оптимизацию работы системы и обеспечение ее надежности в нормальных, аварийных и послеаварийных режимах.

Источники

1. Ю. Н. Булатов, А. В. Крюков, К. В. Суслов «Исследование режимов работы изолированной системы электроснабжения с управляемыми установками распределенной генерации, накопителями электроэнергии и двигательной нагрузкой» Том 23, № 5 (2021) «Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.energyret.ru/jour>

2. Классификация электрических сетей, режимы работы [Электронный ресурс]. URL: <https://clck.ru/33hqAN>

3. В.Н. Костин «Электропитающие системы и электрические сети» Учебно-методический комплекс [Электронный ресурс]. URL: <https://clck.ru/33hq8V>

4. POWERFACTORY. Единая платформа расчета и анализа эл. систем [Электронный ресурс]. URL: <https://clck.ru/33hq9F>

УДК 621.314.222

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ТРАНСФОРМАТОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

А.Д. Юдин

Науч. рук. канд. пед. наук, доцент Е.А. Миронова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

Andreww_999@mail.ru,

В статье представлена систематизация исходных данных, определение конфигурируемых параметров систем и их связь с необходимым составом элементной базы для разработки системы автоматизированной системы мониторинга трансформаторного оборудования.

Ключевые слова: трансформатор, система мониторинга, трансформаторное масло, дефект, диагностирование, срок службы, автоматизированное рабочее место, программно-технический комплекс.

AUTOMATED MONITORING SYSTEM OF TRANSFORMER EQUIPMENT

A.D. Yudin

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

Andreww_999@mail.ru

The article presents the systematization of the initial data, the definition of configurable system parameters and their relationship with the necessary composition of the element base for the development of an automated monitoring system for transformer equipment.

Keywords: transformer, monitoring system, transformer oil, defect, diagnostics, service life, automated workplace, software and hardware complex.

Силовые трансформаторы находятся среди самого дорогого оборудования, устанавливаемого на электростанции и трансформаторные подстанции. На сегодняшний день общее состояние трансформаторного оборудования характеризуется физическим износом: более 60% работающего оборудования отслужило свой нормативный срок, и нуждаются в замене. Должный контроль над возможностями дальнейшего использования оборудования в соответствии с проведенным мониторингом помогает избежать излишних экономических потерь, а также затрат, связанных с внезапным отключением электроснабжения [1].

Трансформаторы очень надежные устройства и при регулярном обслуживании могут служить довольно долго. Для защиты от повреждений, влекущих дорогостоящие ремонты необходимо создание системы мониторинга и диагностики, способной контролировать работу трансформаторного оборудования и выявлять быстроразвивающиеся дефекты [2].

Актуальная система существующей диагностики трансформаторного оборудования должна быть иерархически структурирована и содержать представленные ниже уровни:

- I уровень (нижний) - сбор данных - содержит исполнительные устройства, первичные датчики и совокупность измерительных систем, установленных изготовителем на трансформаторном оборудовании.

- II уровень (средний) - первичная обработка данных, в процессе которой выполняется преобразование сигналов, доставленных от первичных датчиков нижнего уровня, происходит на сдублированных контроллерах и производит обмен информации с верхним уровнем системы.

- III уровень (верхний) – уровень выполнения функций интеграции, хранения и визуализации данных состояния контролируемых и рассчитываемых значений исследуемого трансформаторного оборудования.

В зависимости от требований, система мониторинга должна обеспечить для каждой единицы трансформаторного оборудования выполнение следующих функций: контроль газосодержания масла, контроль влагосодержания масла, контроль температуры верхних слоев масла, контроль положения РПН, контроль степени старения изоляции [3].

Система мониторинга и диагностики трансформаторного оборудования, позволяет не только контролировать работу трансформатора и выявлять его слабые места, но и дает необходимую информацию, которую важно учесть при создании нового трансформаторного оборудования.

Источники

1. Попов, Г. В. Вопросы диагностики силовых трансформаторов: монография / Г. В. Попов; ФГБОУ ВПО «Ивановский ГТУ». – Иваново, 2012. С. 55.

2. Ву, Н., Хроматографические методы исследования органических экстрагентов трансформаторного масла / Н. Ву, В. Ф. Новиков // Известия высших учебных заведений. – 2020. – № 22 (6). С. 202-210. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.energyret.ru/jour/article/view/1627> (дата обращения: 09.02.23).

3. Хальясмаа, А. И. Методы интерпретации результатов хроматографического анализа масла трансформаторного оборудования / А. И. Хальясмаа, В. К. Овчинников // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2021. – Т. 13. – № 1 (49). – С. 177-190. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46425046&> (дата обращения: 09.02.23).

УДК 621.314.222

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАСЕЛ, БЫВШИХ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

А.Д. Юдин

Науч. рук. канд. пед. наук, доцент Е.А.Миронова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

Andreww_999@mail.ru,

В данной работе представлена информация о составе трансформаторного масла. Описано применение флуоресцентного метода для оперативного контроля трансформаторного масла.

Ключевые слова: трансформаторное масло, трансформатор, старение трансформаторного масла, диагностирование.

INVESTIGATION OF ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF ELECTRICAL INSULATING OILS USED IN OPERATION

A.D. Yudin

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

Andreww_999@mail.ru

The article presents information about the composition of transformer oil. The application of the fluorescent method for operational control of transformer oil is described.

Keywords: transformer oil, transformer, the aging of transformer oil, diagnostics.

В настоящее время остро встала проблема своевременной диагностики оборудования, особенно передающего, трансформируемого. Поэтому очень важно во время найти и устранить проблему, из-за этого электрические подстанции проходят обслуживание и диагностику. Диагностика трансформатора и его изоляции очень важна, так как своевременное нахождение дефекта экономит, как время, так и деньги [1].

В процессе эксплуатации маслonaполненного оборудования физико-химический состав трансформаторного масла претерпевает изменение. Данный факт обусловлен ухудшением свойств масла. Причинами данного процесса служат:

- воздействие температуры;
- окисление;
- влияние электрического поля;
- действие электрической дуги;
- различные загрязнения (шлак, механические примеси);
- влияние воды;
- влияние металлов [2].

Диэлектрические свойства масла в трансформаторе ухудшаются за счет увеличения количества примесей в его составе, это происходит от ежедневной работы или стрессовых режимах работы устройства.

Явление люминесценции в химии используется для процессов, в которых наблюдается изменение электронной энергии. Т.е. исследование энергии, которая испускается, когда частица находится в возбужденном состоянии. Информация, полученная при измерении спектров возбуждения

или испускания, является важной для определения химического состава системы.

Одним из важнейших понятий в исследовании светопропускания трансформаторного масла является флуоресценция. Быстро затухающее излучение, связанное с переходом между состояниями с разной мультиплетностью, называется флуоресценцией [3].

Если трансформаторное масло осветить ультрафиолетовым светом, то возникнет эффект флуоресценции. Масло поглощает ультрафиолетовый свет и излучает свет в более длинноволновом диапазоне длин волн.

Как известно, при эксплуатации трансформаторного масла меняется его химический состав по сравнению с новым. Следовательно, оно имеет меньший коэффициент оптического светопропускания в коротковолновом диапазоне видимого света. Интенсивность флуоресценции снижается при старении масла.

Если накопить базу спектров флуоресценции различных марок трансформаторных масел, то их можно будет сравнивать с маслами, которые находятся в эксплуатации и давать оценку его состояния.

Таким образом, данный метод можно использовать для диагностики технических масел, в частности, для оценки степени старения трансформаторного масла.

Источники

1. Алексеев, Б.А. Продление срока службы изоляции силовых трансформаторов / Б.А. Алексеев // Электро. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая пром-ть. – 2004. – № 3. С.7-18.

2. Джебрил М.Р., Лопухова Т.В., Ислентьев И.С. О создании диагностической модели силового трансформатора. // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2015; (7-8): 18-25. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2015-0-7-8-18-25> (дата обращения: 11.01.23).

3. Козлов В.К., Гарифуллин М.Ш., Сабитов А.Х., Гиниатуллин Р.А. Люминесцентные свойства бумажной изоляции маслонаполненных трансформаторов. // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2018; 20 (11-12): 144-151. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2018-20-11-12-144-151> (дата обращения: 19.01.23).

ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

А.Д. Юдин

Науч. рук. канд. пед. наук, доцент Е.А.Миронова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

Andreww_999@mail.ru,

В данной работе исследовались основные методы диагностики силовых трансформаторов.

Ключевые слова: трансформатор, трансформаторное масло, старение трансформаторного масла, диагностирование.

BASIC DIAGNOSTIC METHODS OF POWER TRANSFORMERS

A.D. Yudin

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

Andreww_999@mail.ru

In this paper, the main diagnostic methods of power transformers were investigated.

Keywords :transformer, transformer oil, the aging of transformer oil, diagnostics.

В связи с тем, что последние несколько десятилетий в Российской Федерации растет промышленность, увеличивается потребность в электроэнергии. При этом увеличиваются нагрузки на электрооборудование [1]. Причем один из основных и дорогих типов электрооборудования - трансформаторное - эксплуатируется со значительным превышением установленного ресурса, составляющий примерно 25 лет. На начало 2010 года такие трансформаторы составляли более 60% [2]. Но широко распространено мнение, что нет острой необходимости выводить трансформатор из эксплуатации после отработки 25 лет [3].

Основные причины возникновения повреждений в трансформаторах:

- по вине персонала нарушаются правила эксплуатации;

- по внешним или внутренним причинам возникают аварийные и нерегламентные режимы работы;
- во время эксплуатации происходит медленное, но непрерывное естественное старение изоляции;
- изготовители допускают поставку некачественного трансформаторного оборудования (одна треть всех нарушений работы трансформаторов);
- некачественный ремонт и монтаж (две трети случаев).

Хотя в настоящее время уделяется большое внимание проблеме диагностики, пока не накоплен опыт, достаточный для составления универсального списка видов дефектов и повреждений, возникающих в силовых трансформаторах высокого напряжения, причем желательно 19 ранжированных по степени опасности. В связи с этим известные подходы к классификации дефектов являются субъективными, возникают сомнения в правильности существующих критериев оценки технического состояния.

В настоящее время имеются многочисленные методы диагностик электротехнического оборудования, но в большинстве случаев предприятия использует только нормативные методы. Существуют две группы таких регламентированных методов.

Первая группа методов - измерение и анализ:

- коэффициента трансформации;
- тока и потерь холостого хода;
- сопротивления и потерь короткого замыкания;
- сопротивления обмоток постоянному току.

Вторая группа - измерение характеристик изоляции:

- физико - химический анализ трансформаторного масла (ФХА);
- хроматографический анализ газов, растворённых в масле (ХАРГ);
- оценка влажности твёрдой изоляции;
- измерение тангенса угла диэлектрических потерь изоляции обмоток;
- оценка состояния бумажной изоляции обмоток.

Целесообразность применения тепловизионного контроля состояния трансформатора неоднократно подтверждалась на практике. В последнее время развиваются альтернативные методы диагностики, среди которых 26 можно выделить диагностику характеристик частичных разрядов ЧР, вибродиагностику, ультразвуковое обследование и др.

Не представляется возможным однозначно заявить об объективности и точности методов альтернативной диагностики, данный вопрос является предметом исследования иного рода. Поэтому в рамках данного исследования альтернативные методы диагностики будут рассматриваться в качестве методов, дополняющих традиционные системы диагностики.

Таким образом, были рассмотрены основные дефекты, возникающие в силовом трансформаторе, и проведен анализ основных методов их диагностирования. Измерение потерь холостого хода и коэффициента трансформации выполняются только при отключенном трансформаторе, в связи с этим они неудобны. Другие методы также обладают множеством недостатков. К примеру, некоторые из них не позволяют выявить конкретный дефект, в связи с чем истинная причина повреждения остается неизвестной.

Универсальный алгоритм диагностики силового трансформатора должен базироваться на двухэтапном плане проведения диагностики: на первом этапе - поочередное как можно более полное диагностирование всех компонентов трансформатора без отключения напряжения, и в зависимости от результатов первого этапа, строить схему действий второго этапа уже на отключенном трансформаторе.

Источники

1. Алексеев, Б. А. Обследование состояния силовых трансформаторов / А. Алексеев // Электрические станции. – 2003. – № 5. С. 6 -10.
2. Давиденко И.В. Разработка системы многоаспектной оценки технического состояния и обслуживания высоковольтного маслонаполненного электрооборудования // Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Екатеринбург, 2009. – 46 с.
3. Львов М.Ю. Об оценке состояния силовых трансформаторов с длительным сроком эксплуатации. // Методы и средства оценки состояния энергетического оборудования. Выпуск 11. – СПб: ПЭИПК, 2000. С. 264 – 268.

СОДЕРЖАНИЕ

НАПРАВЛЕНИЕ: ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

СЕКЦИЯ 1. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ, НАДЕЖНОСТЬ, ДИАГНОСТИКА

Абдреев К.А. Перспективность использования легированной стали cor-ten для производства опор ЛЭП.	3
Абдуллин А.А., Смирнова Д.И. Проектирование экспресс определителя марки трансформаторного масла.	6
Акмалтдинова В.Р. Оптимизация систем мониторинга силовых кабельных линий.	10
Анохин А.Е., Максимов В.В. Прямой и реакторный пуск асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.	12
Архипов Д.В., Мухаметжанов Р.Н. Повышение надежности и пропускной способности воздушных линий электропередач.	15
Атрашенко О.С., Былинкин Я.Ю., Тульчинский Д.С., Ахмедова О.О. Автоматизация диагностики высоковольтных изоляторов методом неразрушающего ультразвукового контроля.	18
Батршин И.Ф. Ограничение перенапряжения на оболочке кабеля с помощью экранных ОПН.	21
Бутусов Н.В. Сравнительный анализ высокоомного и низкоомного заземления в сетях 6-10 кВ с резистивно-заземленной нейтралью.	24
Бутусов Н.В. Исследование влияния емкостной составляющей на сигнал при грозовом перенапряжении на воздушной линии электропередачи.	27
Валеев А.А., Мустафин Т.А., Валиуллина Д.М., Козлов В.К. Кислотное число трансформаторного масла и способ его определения. .	30
Вахитов И.И., Насырова Э.Н. Роль облачных технологий в области электроэнергетики.	34
Волков М.С. Разработка программного комплекса «Smart planning» для формирования графиков ремонта электрооборудования. . .	37
Воробьев Д.С., Гарифуллин М.Ш. Применение БПЛА мультикоптерного типа при осмотрах линий электропередач.	42
Воробьева К.Е., Максимов В.В. Система анализа вибрационных сигналов для диагностики состояния силовых трансформаторов.	45

Галлямов Д.Р., Максимов В.В. Использование устройств компенсации реактивной мощности для повышения пропускной способности передающих элементов сети.	48
Гатауллина Л.З., Сабитов А.Х. Исследование и испытания кабелей, проложенных в трубах.	51
Гатауллина Л.З., Сабитов А.Х. Комплексная система мониторинга гололедно-ветровых нагрузок на воздушных линиях электропередачи.	55
Губайдуллин Г.Р. Устройства для мониторинга технического состояния ВЛ в режиме реального времени.	58
Зиангиров А.Ф., Вахитов И.И., Сабитов А.Х. Сравнение схем соединения обмоток трансформатора 10/0,4 кВ в Mathlab SIMULINK. ...	61
Иксанова Э.Р., Валиуллина Д.М., Козлов В.К. Визуальное исследование характеристик трансформаторного масла.	65
Казка М.В., Маклецов А.М., Лыу Куок Кыонг, Каминский С.О. Оценка эффективности симметрирования сетей 0,4 кВ.	68
Каминский С.О., Казка М.В., Хамидуллин Н.Н., Мухаметжанов Р.Н. Архитектура сетей MicroGrid.	71
Каминский С.О., Казка М.В., Хамидуллин Н.Н., Мухаметжанов Р.Н. Топологии сетей MicroGrid.	75
Корникова А.А., Куракина О.Е., Козлов В.К. Определение марки масла по цветовым координатам.	79
Ксенофонтов Р.А., Кудинов Д.В. Потери мощности на корону в воздушных линиях электропередачи с измененными формами поверхности проводов.	82
Лашманова М.И., Гарифуллин М.Ш. Алгоритм подбора вариантов снижения платежей за электроэнергию для предприятий.	85
Майоров И.С., Закиров Б.И. Методы защиты и оборудование базовых сотовых станций и радио объектов от грозových перенапряжений.	90
Мачан Д.В., Куракина О.Е. Перспективы применения современных разработок в энергетической отрасли.	93
Минанхузин И.И., Валеев И.А., Маврин А.А. Оценка состояния изоляторов линий электропередач.	96
Мингазов А.М., Гарифуллин М.Ш. Диагностика трансформаторного масла с использованием хроматографии растворенных газов.	99
Мингазов А.М., Гарифуллин М.Ш. Оценка качества трансформаторного масла посредством проверки параметров.	103

Минегалиев И.М. Определение влагосодержания трансформаторного масла	106
Мифтахов А.Р. Преимущества ультразвуковой дефектоскопии как метода обнаружения неисправностей в электроэнергетических системах и сетях.	108
Мифтахов А.Р. Вибрационный метод диагностики силового трансформатора.	111
Парамонов А.Л., Мифтахов Т.Н. Алгоритм прогнозирования потребления электрической энергии в электрической сети.	113
Пигалин А.А., Яхин Ш.Р., Галиев И.Ф. Разработка алгоритма оценивания состояния распределительной сети по данным онлайн мониторинга потребления.	116
Разживина К.Д., Максимов В.В. Методы поиска неисправностей кабельных линий в городской среде.	120
Разживина К.Д., Максимов В.В. Модернизация электрических сетей.	123
Рахманкулов Ш.Р., Гарифуллин М.Ш., Гизатуллин А.Р. Архитектура нейронной сети для интерпретации результатов хроматографического анализа растворенных газов.	126
Сагитов А.Р., Ахмедов А.Р. Акустический метод определения повреждений изоляции кабельных линий.	129
Самигуллин И.И., Максимов В.В., Курбанова А.Н. Анализ эксплуатационной надежности вакуумного и элегазового выключателя 6-10 кВ.	132
Саттаров Р.Е., Воркунов О.В. Применение вольтодобавочных трансформаторов в низковольтных сетях.	135
Суворов А.А., Долматов Е.Н., Мухаметжанов Р.Н., Салихов Р.Р. Проблема повышения качества прогнозирования потребления электроэнергии в республике Татарстан.	138
Суханова С.П., Валиуллина Д.М., Козлов В.К. Обработка результатов измерений характеристик трансформаторного масла.	142
Тухфатуллин И. Р. Исследование параметров переходного процесса при замыкании в однопроводной линии.	145
Фарраев А.И. Система автоматического восстановления сети 6/10 кВ.	148
Филимонов С.С., Николаев К.В. Использование динамических трёхмерных моделей в образовательной деятельности в области энергетики.	151

Харитонов К.Ю. Влияние конструкции проводов фазы воздушных линий на потери мощности при коронировании проводов. .	154
Шарипова А.Р., Воркунов О.В. Определение степени деградации трансформаторного масла в зависимости от значений тангенса угла диэлектрических потерь.	157
Яхин Ш.Р., Фомин К.Д., Галиев И.Ф. Разработка комбинированной модели надёжности распределительной сети на основе метода Монте-Карло оценка эффективности мероприятий экционированию участков.	160

СЕКЦИЯ 2. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

Альзаккар А. Определение функциональной зависимости температуры обмоток и масла трансформаторов от коэффициента загрузки.	165
Абдреев К. А. Двигатели с переменным магнитным сопротивлением	168
Андреенков Е.С. Выбор оптимального уровня напряжения микросети постоянного тока	171
Артемов Д.Е. Энергетические перспективы применения синхронных электродвигателей для электротранспорта.	174
Бережной Я.А. Применение ветряных установок с целью совершенствования системы электроснабжения	176
Блохин Р.Д., Галеева Р.У. Влияние параметров питающей цепи на самозапуск асинхронных электродвигателей	179
Валитов Н.А., Галеева Р.У. Влияние технических параметров асинхронных электродвигателей на время самозапуска	182
Вафин С.С. Возможность использования новых источников энергии в системах электроснабжения	185
Гарунов. А.Т. Оптимизация управления наружным освещением жилого дома	188
Ибатуллин Э.Э. Рациональное электроснабжение потребителей на промышленных объектах средней мощности	191
Ившин И.И. Анализ современных систем контроля температуры контактных соединений	195
Ившина П.П., Цветков А.Н. Топологии ИБП и особенности схем их работы	198

Кадырмятов Ю. Р. Моделирование низковольтной установки постоянного тока с использованием ВИЭ	202
Лутфуллин М.Л. Энергоснабжение жилых помещений: типичные ошибки при электромонтаже	205
Майоров А.А. Выбор метода оптимизации конструкции ротора синхронного электродвигателя с постоянными магнитами	208
Муллагалиев А. И., Рамазанова Р. И. Технологии диспетчеризации и автоматизации электроснабжения промышленных предприятий	211
Нагимуллина А. Л. Диагностический комплекс для исследования состояния воздушных линий электропередач	214
Петров А.Р. Функциональные зависимости потерь активной мощности в контактах автоматических выключателей от основных параметров оборудования	217
Петров А.Р. Исследование основных технических характеристик магнитных пускателей различных заводов-изготовителей	220
Петров Т.И., Али Н.К. Необходимость моделирования объектов автономной солнечной энергетики для определения эффективности интеграции в систему электроснабжения	224
Петрова Р.М. Исследование вероятностных характеристик надежности предохранителей ПН2-100 внутрицеховых сетей	227
Петрова Р.М. Характеристики надежности силовых трансформаторов ТМ-1600/10/0,4 кВ внутрицеховых систем электроснабжения	230
Пинин Д. И. Методы расчёта показателей надежности системы электроснабжения	233
Рогульский М. И. Качество электроэнергии и компенсация реактивной мощности	236
Романцов М.М. Модернизация сельских объектов электроснабжения путем внедрения подстанции на реклоузерах	239
Сабирзянов Д. С. Интеллектуальная система оценки состояния трансформатора	242
Сафин А. И. Повышение пропускной способности в линиях электропередач (ЛЭП)	245
Сафиуллин Т. Н., Грачева Е. И. Исследование показателей качества напряжения в системах электроснабжения	249
Спиридонов Д.И. Рациональность использования аккумуляторных подстанций с редокс-батареями	252

Ульбрехт Д.А., Фролова М.А. Перспективы локального электроснабжения промышленных предприятий	255
Хвостовец Р. О., Хвостовец О. А. Коррекция коэффициента мощности при использовании шунтирующих конденсаторов, повышение качества питающего напряжения и снижение потерь мощности	258
Хвостовец О. А., Хвостовец Р. О. Контроль состояния силовых трансформаторов с использованием моделирования и анализа горячей точки трансформатора	260
Чернов Е.И. Анализ технологий снижения потерь в электросетях разного класса напряжения.	263
Шайхуллин А.З., Низамиев М.Ф. Обзор методов анализа растворенных газов в силовых трансформаторах.	266
Шкарупа И.А. Актуальность применения современных систем мониторинга в целях повышения эксплуатационной надежности кабельных линий 6-10 кВ	269
Юдин П.В., Чистяков С.Р., Устинов А.А. Проблема расчёта электрических нагрузок	271

СЕКЦИЯ 3. ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА И СВЕТОТЕХНИКА. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ АППАРАТЫ

Баганов М.А. Генератор аналоговых сигналов на микроконтроллере AVR	275
Багинский Д.В. Моделирование электронной системы зажигания автомобиля	278
Барлев Н.Е. Исследование характеристик и параметров светодиодных светильников	281
Быков П.М. Счетчик количества импульсов частичных разрядов в высоковольтной изоляции на базе микроконтроллера STM32F411RET6	284
Вагапов А.И. Метод акустического мониторинга высоковольтного изоляционного оборудования с использованием метода локализации TDOA	286

Валиев И.И. Обзор современных методов заряда аккумуляторных батарей	289
Васбиев Н.Н. Изучение принципов работы микроконтроллеров	292
Виноградов Г.Н. Расчет и моделирование тиристорных схем в программе Multisim	295
Гарипов Д.И. Интеллектуальная система автоматизации «умный дом»	298
Гимадиев А.И. Особенности передачи информационных сигналов беспроводным методом	300
Гиматдинов Р.Р. Применение искусственного интеллекта в электроэнергетике	303
Давлетшин И.Ф. Беспилотный летательный аппарат на базе микроконтроллера	305
Давлетшин Р.Р. Экспериментальные электрические измерения и расчет переходных процессов при «замыкании» ВЛ 10 кВ на ВЛ 0,4 кВ	307
Зайтов А.А. Комплекс виртуальных лабораторных работ по дисциплине «Материалы электронной техники»	311
Иванов А.С. Расчет и моделирование импульсного стабилизатора на микросхеме ШИМ-контроллера	314
Константинов М.А., Ульянов Д.А., Вихорев Н.Н. Способ управления каскадом инверторов напряжения модульных источников бесперебойного питания	317
Кочеткова А.А., Малаева Е.Д. Исследование разрядных процессов в высоковольтной изоляции оптическим (УФ) методом ..	320
Лесниченко И.Н. Эволюция и будущее современного освещения	323

Любишев А.А., Мелешкин Д.В. Метод смягчения провалов и скачков напряжения с использованием оптимизированного цифрового регистратора с нечеткой логикой управления	325
Малаева Е.Д. Разработка лабораторного стенда и исследование влияния искусственного освещения с различными длинами волн на биопродуктивность растений	328
Мамедов В.А. Имитационное моделирование схемы асинхронного двигателя с ШИМ-модуляцией	331
Маслов С.Ю., Арсланов А.Д., Даутов З.А. Модуль сбора и преобразования данных для комплекса диагностики и плавки гололеда на ВЛЭП	334
Маслов С.Ю., Хамидуллин И.Н. Роботизированный комплекс для мониторинга состояния высоковольтных линий электропередачи	337
Нгуен Ван Ву, Ву Нгок Зан Расчет стрелы провеса провода линии электропередачи по частоте его собственных механических колебаний при изменении температуры окружающей среды	340
Нгуен Зуи Хынг, Доан Нгок Ши Исследование устройства для моделирования нагрузочных характеристик городской железной дороги.	343
Нуриев Л.Ш. Разработка алгоритма работы контроллера заряда аккумуляторных батарей от солнечной панели	347
Сатдинов А.А. Управление электродвигателем с помощью микроконтроллера STM32	349
Сафуанов А.Э. Применение микросхем для регулирования холостого хода ДВС	351
Сихряев Д.А. Построение многопараметрического источника вторичного электропитания	354
Тиам Шейх Тидиан Исследование принципов работы и применение приемников излучения	357

Хазигалеев Н.Р. Современные методы регулирования температуры в помещении	360
Хамидуллин И.Н., Маслов С.Ю. Создание инновационного устройства для системы мониторинга гололёдообразования на воздушных линиях электропередачи	362
Шакирзянов М.А. Малогабаритный генератор сигналов стандартных форм	365
Шакиров И.И. Управление реле в микропроцессорных устройствах	368
Шарифуллин Э.Р. Применение электронного прибора «GAIZE» для выявления наркотического состояния	370
Шарифуллин Э.Р. Обнаружение объектов с помощью «рентгеновского зрения» гарнитуры «X-AR»	373
Шарифуллин Э.Р. Смазка на основе гидрогеля для охлаждения электроники	375
Шкурпит С.Д. Защитные цепи для полупроводниковых ключей	378
Юдин П.В., Чистяков С.Р., Яковкина А.В. Разработка системы проворота ротора тяжеловесных турбоагрегатов	381
Якупов Н.М. Разработка питания устройства беспроводной связи к комплексу диагностики и мобильной плавки гололеда для ВЛЭП	384
Якупов Н.М., Арсланов А.Д., Даутов З.А. Разработка устройства беспроводной связи к комплексу диагностики и мобильной плавки гололеда для ВЛЭП	386
Якупов Н.М. Устройство индикации температурных датчиков	389

СЕКЦИЯ 4. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ФИЗИКИ, ХИМИИ И МАТЕМАТИКИ

Алексеев И.В., Гарифуллин А.Р., Иванов А.Ф. Исследование фазовых переходов методами ядерного квадрупольного резонанса. . . .	392
Ахунов Д.Ф., Шайдуллин А.И. Подходы для устранения основных недостатков двумерной ямр.	395
Иванов В.В., Габдрахманов Р.Ф. Использование рефрактометра для определения гликемического индекса.	397
Казанцева М.А. Возможности методов комбинаторики для анализа структурных особенностей металл-альгинатных гидрогелей.	400
Китанин Д.С., Малаева Е.Д. Особенности энергетической диаграммы в аморфной фазе аурипигмента As_2S_3	403
Ефимов Е.О., Медведев К.Р. Влияние излучения Хокинга на космос.	406
Мухаметзянов А.Р., Валиев Р.И., Семенов М.Н. Электрические разряды постоянного тока при атмосферном давлении для очистки поверхности металлов	409
Платонов Н.Д., Матухин В.Л., Иванов А.Ф. Исследование электрофизических характеристик структур $In_{0.01}Ga_{0.99}As$ легированных кремнием (Si).. . . .	412
Семенов М.Н., Мухаметзянов А.Р., Ахунов Д.Ф. Электролитно-плазменная сварка алюминия и его сплавов в неинертной среде.	417
Хамитов А.Р. Использование твердооксидных топливных элементов для производства водорода и электроэнергии.	420
Шагиева Г.Г., Башмаков М.А., Галимов А.И., Изменение концентрации водорода и электроотрицательности в водородной воде с течением времени.	422
Шайдуллин А.И., Ахунов Д.Ф., Семенов М.Н. Перспективы применения ионных жидкостей в качестве электролитов.	425

СЕКЦИЯ 5. ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ. ЭЛЕКТРОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ И ЗАРЯДНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА

Ахмадиев Р.Р., Ляпунов А.А., Уткина В.Н., Гарайшин А.А., Акмалов Ф.И. Будущая система противоугона автомобилей.	429
Ахметов Р.Р., Валиуллов Э.Ф., Антипанов А.М. Оценка установившихся ошибок скоростного следящего электропривода.	431
Бакулин К.Г. Виртуальные испытания на внешние воздействия элементов электрического транспорта на этапе разработки.	434
Васильев И.А., Гаврилова С.В., Старостина Я.К. Модернизация системы автоматического управления электроцилиндрами.	437
Вахитов Х.Ф., Стародубец А.А., Сафиуллин Б.И., Хайруллин А.Р. К вопросу о выборе оптимальной ширины окна для ядерной оценки плотности.	441
Вильданов И.И. Источник питания электромобилей.	444
Гайфиева Л.Ф. Применение систем накопления электрической энергии.	446
Кинёв Д.В., Сафиуллин Б.И. Разработка штекерного разъема для электромобилей и его зарядной инфраструктуры переменного тока.	449
Комаров Н.Е. Разработка системы управления асинхронного двигателя с фазным ротором.	452
Ляпунов А.А., Акмалов Ф.И., Ахмадиев Р.Р. Расчёт выпрямителя с емкостным фильтром по формуле угла отсечки.	455
Марданшина Р.А., Талипов Р.Э. Популяризация электромобильного транспорта посредством политики в области градостроительства.	457
Мархабин А.И., Салимов Н.А., Назипов Н.М. Методика определения остаточного ресурса высоковольтного выключателя.	460

Матвеев Е.В., Летинская И.Н., Колупаев И.Э., Антипанова И.С. Энергоемкость тяговых аккумуляторных батарей для электрических транспортных средств	464
Михайловский А.Е. Системы для диагностики колёс трансбордера на наличие неисправностей и износа колёс.	467
Молот С.В., Гайнуллин Ш.А., Щербаков Ю.Г. Гибридная система электроснабжения технологического комплекса с многодвигательным электроприводом.	470
Мухаметзянов Р.Р., Мухамедзянов Э.А., Токтаров И.В. Моделирование движения автомобиля в среде Simulink.	473
Ндикурийо О. Ограничение опасного сближения проводов воздушных линий электропередач при ветре методом установки демпферных распорок.	476
Оморов М.Б. Стабилизация частоты электромашинного преобразователя.	479
Пичкуров И.Е., Штемпель Е.Е. Индукционная нагревательная система для нагрева жидкости.	482
Росляков А.В. Методы коррекции динамических свойств замкнутого электропривода.	484
Салимов Н.А., Назипов Н.М., Мархабин А.И. Выбор варианта размещения зарядной станций электромобиля.	487
Саляхияев Р.Р. Современные электроприводы электромобилей.	490
Сафиуллин Б.И., Вахитов Х.Ф. Проектирование универсального учебно-лабораторного комплекса беспилотной платформы диагностики подстанций открытого исполнения.	493
Семенова Э.Ф. Развитие технологий беспилотного движения в системе метрополитена.	496
Сунин В.А., Урванцев К.Д. Анализ методов повышения показателей надежности структуры при виртуальных испытаниях.	499

Талипов Р.Э., Марданшина Р.А. Исследование способов зарядки электромобилей.	502
Токтаров И.В., Мухамедзянов Э.А., Мухаметзянов Р.Р., Павлов А.Э., Гарифуллин Р.Р. Создание беспилотной мобильной платформы на базе микрокомпьютера Nvidia Jetson Nano.	505
Тухватуллин Л.Т. Применение статком для стабилизации напряжения при изменении нагрузки.	508
Урванцев К.Д., Сунин В.А. Синхронный реактивный электродвигатель с независимым возбуждением как перспективная ветвь развития электромобиля.	511
Черепенькин И.В., Мухаметзянов Р.Р., Токтаров И.В., Гарифуллин Р.Р. Эффективность использования зарядных станций для электромобилей.	514
Черепенькин И.В., Мухаметзянов Р.Р., Токтаров И.В., Гарифуллин Р.Р. Методы прогнозирования технического состояния пластин полоза токоприемника электроподвижного состава и контактного провода.	517

СЕКЦИЯ 6. БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ

Иванов А.Д. Система адаптивной виртуальной реальности с использованием нейроинтерфейса.	520
Демочкина О.А., Лёвин С.Ф., Папшев Д.В. Контроль качества электрокардиосигналов.	523
Нафигов А.Р. Анализ современных систем содействия водителю.	526
Овчинников Д.Л. Контроллер-перчатка для взаимодействия со средой виртуальной реальности.	529
Павлов А.Э., Мухаметзянов Р.Р., Мухамедзянов Э.А., Токтаров И.В., Гарифуллин Р.Р. Система управления источников питания медицинских изделий.	532

Павлов А.Э., Мухаметзянов Р.Р., Мухамедзянов Э.А., Токтаров И.В., Гарифуллин Р.Р. Калибровочный модуль для системы управления источников питания медицинских изделий.	535
Паршикова Т.В., Мурашкина Т.И. Устройство волоконно-оптического сканера для определения размеров и конфигурации неба пациента.	538
Сафонов А.Ш., Субханова А.М., Хиллес Ферас Е.С., Хизбуллин Р.Н. Совершенствование программного обеспечения двухканального лазерного фотоплетизмографа ФПГ-2КЛ.	541
Тверская С.Ю. Влияние музыки на мозг человека.	544
Хиллес Ферас Е.С., Хизбуллин Р.Н. Анализ использования расширенной гарантии на медицинское оборудование.	547

СЕКЦИЯ 7. ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭНЕРГОБЕЗОПАСНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВА

Абдуллина Л.В. Использование BIM-технологий при проектировании объектов	551
Аптрашитов Д.С. Автоматизация процесса переработки биоотходов и получения биогаза в малогабаритных биогазовых установках.	553
Баданов К.А. Повышение эффективности вертикальных гибридных солнечно-ветровых электроустановок на базе возобновляемых источников энергии.	556
Бакирова Р.Р. Негативное воздействие синей области оптического диапазона излучения светодиодных светильников на здоровье человека.	560
Брехов Е.В. Оценка использования BIM-моделирования при проектировании объектов капитального строительства	562
Васильев А.В. Автоматизация работы системы управления солнечными панелями (трекерами) с помощью программируемых элементов	565

Востриков Д.Ю., Сандаков В.Д. Создание алгоритмов для светомузыкальных устройств.	568
Гадельшина В.Р. Построение зависимости коэффициента регулирования светового потока от естественной освещенности помещений	570
Гибадуллин Р.Р., Нуртдинов Р.М. Освещение опасных участков дороги	574
Карташов Д.Л. Современные способы диагностики трансформаторов	577
Ольховой А.В., Зарипов Р.К. Исследование входного сопротивления низковольтной электросети анализатором AR-5	579
Павлов Д.В., Сандаков В.Д. Импульсные зарядные устройства	582
Родионов О.В. Повышение эффективности детандер-генераторной установки.	586
Семин Д.И., Использование источников возобновляемой энергии на промышленных предприятиях с применением технологии «цифровой двойник»	590
Тихонов Н.Э. Автоматическая система очистки воздуха в лаборатории с помощью фильтров.	592
Фархутдинов М.М., Сандаков В.Д. Разработка устройства регулирования работы матрицы с адресуемыми светодиодами на микроконтроллере	596
Юровская В.Д. Криптоэнергетика	599

СЕКЦИЯ 8. РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Галиев Э.И. Способы предотвращения ложной работы устройств РЗА при насыщении измерительных трансформаторов тока.	603

Лесниченко И.Н. Релейная защита силовых трансформаторов.	606
Мавляутдинов Л.Р., Писковацкий Ю.В. Гололедообразование и его влияние на опоры ВЛ.	608
Мавляутдинов Л.Р. Оценка эффективности систем релейной защиты в современных электрических сетях.	611
Исаков Е.М., Пискунов Д.В. Разработка методики и имитационной модели сети 10 кВ в RSCAD для исследования цифровых измерительных трансформаторов.	614
Сагиров В.Р., Писковацкий Ю.В. Влияние гололеда на опоры линий электропередачи и перспективы внедрения датчика обнаружения гололедообразований в Республике Татарстан.	617
Сулейманова А.Р., Вилданов Р.Р. Интеллектуальные системы учета в индивидуальных домах Республики Татарстан	619
Хисматуллин А.И. Алгоритм автоматизированного расчета устиявок МТЗ линий 6(10) кВ на базе микропроцессорных комплексов РЗА.	622

СЕКЦИЯ 9. ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Алабужев И.И., Николаева Л.А. Адсорбционная осушка природного газа карбонатным шламом.	626
Алексеева В.С., Николаева Л.А. Очистка сточных вод на ТЭС от нефтепродуктов карбонатным шламом.	629
Алина А.А. Совершенствование системы очистки выбросов предприятия зернопереработки.	631
Анисимов А.С. Минимизация пылегазовых выбросов горнодобывающего предприятия.	634
Ахметшина Л.Р., Исакова Р.Я. Усовершенствование технологии очистки сточных вод на предприятии энергетической отрасли	637

Богданова А.Н. Утилизация солнечных модулей и их влияние на окружающую среду и здоровье человека	639
Васильева А.М., Николаева Л.А. Способы утилизации отходов фосфогипса.	642
Гайфуллина Д.И. Выбор оптимального адсорбента для регенерации трансформаторного масла	645
Гильмуллина К.И. Технология очистки водных слоев накопителей химических отходов.	648
Ибатуллина Д.Э., Зиновьева А.М., Боброва Е.В., Байгубаков С.И. Влияние хитозанов различной молекулярной массы на прорастание семян гороха.	651
Ибрагимова А.Р. Оценка выбросов при сжигании природного и генераторного газов.	655
Истомина А.С. Технология очистки воздуха от зерновой пыли в крахмало-паточном производстве.	658
Лактионов А.С. Оценка эффективности очистки сточных вод предприятия нефтехимии	661
Россамахина Н.С. Предприятие по обогащению медьсодержащих руд как источник загрязнения природной среды. . .	663
Сидорова А.П. Использование отходов ТЭЦ в качестве сорбционного материала	665
Хамзина З.А. Проблемы очистки сточных вод села Шемордан.	668
Шайнурова А.З. Определение технологических и адсорбционных характеристик золошлакового отхода	671

СЕКЦИЯ 10. ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОНИКА. БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА

Азнабаева А.А. Анализ причин производственного травматизма.	675

Акчанов А.И, Калитов А.С. Зависимость внимания человека от освещенности помещения.	678
Ахметзянова Э.А. Роль информационных технологий в обеспечении безопасности жизнедеятельности на производстве.	681
Бакланов А.А., Нурутдинов Р.Р. Оценка рисков на производстве и принятие мер по их снижению.	684
Беленкова Д.А., Хусаинова К.Л Влияние вибраций на производстве на организм человека	687
Богданова А.Н. Безопасность труда при выполнении монтажных работ солнечных электростанций на крышах с крутым склоном и на плоских крышах.	689
Виноградов Г.Н., Сайфуллин А.Т. Техника безопасности при использовании роботов-манипуляторов.	693
Глухова П.Е., Колосов Г.В Вредные производственные факторы ТЭЦ и их влияние на здоровье работников.	695
Бурганова А.Ф., Ибрагимова Д.Р. Селективная каталитическая очистка как способ очистки окружающей среды от выбросов.	699
Багаутдинов А.Ч., Кириллов Д.С Системы безопасности современных АЭС.	702
Касымов Р.А., Федоров Д.В. Анализ аварий на нефтегазовых предприятиях.	705
Майоров И.С., Закиров Б.И. Методы защиты и оборудование базовых сотовых станций и радио объектов от грозовых перенапряжений.	707
Минниханова А.Р. Обеспечение безопасности использования водорода в качестве автомобильного топлива.	711
Миннегулов А.И., Зиннатуллин А.Р. Психологические последствия радиационного облучения на радиационно-опасных объектах	714

Мустафин Р.Р. Меры снижения травматизма в сфере электроэнергетики	717
Нафиков И.Р., Нурутдинов Р.Р. Анализ лесных пожаров в России	720
Нурмухаметов И.Н. Оценка эффективности мер по повышению электробезопасности на гидроэлектростанциях.	723
Панфилова Д.В. Риски развития профессиональных заболеваний на производстве	726
Разакова К.И. Обеспечение сохранения здоровья работников в окрасочно-сушильных камерах путем разработки и установки нового высокоэффективного мультивихревого сепаратора.	729
Сидорова А.П. Безопасность труда на предприятии оборонной промышленности.	732
Титов С.Е. Применение компьютерных тренажёров при обучении студентов в курсе БЖД.	735
Тогулева А.С. Анализ обстоятельств и причин несчастных случаев на маслоэкстракционном предприятии.	738
Федорова В.Р. Оценка эффективности мер по повышению электробезопасности на гидроэлектростанциях.	742
Шакиров М.А. Влияние промышленного шума на точность работ на производстве.	745
Шарифуллина К.А., Медякова В.С. Основные причины уязвимости человека и общества от техногенных катастроф.	747
Юнусова С.И. Воздействие электрического тока на организм человека.	750

СЕКЦИЯ 11. ЭНЕРГОРЕСУРСОЭФФЕКТИВНЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ И НЕФТЕГАЗОПЕРЕРАБОТКЕ

Ахмитшин А.А. Физическое и математическое моделирование процесса нагрева жидкостей паром в пластинчатом теплообменнике.	753
Аяши Омар Али. Технология покрытий с магнетронным распылением металлов.	756
Зайнуллина Э.Р. Адсорбционный способ очистки дренажных вод обратного осмоса шламом химводоподготовки.	759
Козин Д.Е. Утилизация лопостей ВЭС.	762
Нургалиев А.И. Очистка сточных вод от нефтепродуктов с использованием отходов производств.	765
Иванова В.Р., Сафин Р.Р. Генерация электрической энергии на автомобильных трассах.	767
Юровская В.Д., Кижин В.В. Проект использования низкопотенциального тепла после конденсатора турбины теплоэлектростанций.	770
Яковкина А.В., Чистяков С.Р. Анализ альтернативных вариантов электроснабжения поселка Озерный Братского района.	774

СЕКЦИЯ 12. КОНТРОЛЬ, АВТОМАТИЗАЦИЯ И ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ И ПОДСТАНЦИЙ И РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ

Дмитриев Д.Е. Мониторинг и диагностика ОПН в онлайн режиме по полному току утечки.	778
Захаров А.В. Исследования работы магнитного датчика для системы онлайн контроля изоляции воздушных линий.	780
Зиганшин Р.И. Анализ ультразвуковых волн, измеренных ультразвуковым детектором.	784

Исаева О.В. Игровые методы обучения студентов по дисциплине «Экономика энергетических систем»	786
Камалов Р.Р., Латыпова А.А. Основные методы по решению снижения потерь на корону в сетях сверхвысокого напряжения.	790
Латыпова А.А. Перспективы применения малых ГЭС в Республике Татарстан.	793
Махмутов А.Д. Вибрации в проводах линий электропередач. . . .	796
Махмутов А.Д. Колебания в линиях электропередач.	799
Махмутов А.Д. Вибродиагностика линий электропередач.	802
Мелешкин Д.В., Любишев А.А. Контроль и диагностика высоковольтных вводов трансформаторов устройствами на базе микропроцессоров.	805
Мифтахов А.Р. Преимущества инфракрасной термографии как метода выявления неисправностей электрооборудования.	808
Рамазанова Р.И., Рахмаев Р.Н. Диагностика силовых кабелей прибором CPDA.	810
Тарасов Б.П. Перспективы разработки мониторинга остаточного ресурса высоковольтных выключателей нагрузки на станциях и подстанциях.	813
Хайбуллин Р.Ш., Валеева Г.Р. Оценка возможностей применения программного комплекса PowerFactory при анализе режимов работы сети.	816
Юдин А.Д. Автоматизированная система мониторинга трансформаторного оборудования.	819
Юдин А.Д. Исследование электрофизических свойств электроизоляционных масел, бывших в эксплуатации.	821
Юдин А.Д. Основные методы диагностики силовых трансформаторов.	824

Научное издание

ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2023 «ЭНЕРГЕТИКА И ЦИФРОВАЯ
ТРАНСФОРМАЦИЯ»

Международная молодежная научная конференция

(Казань, 26-28 апреля 2023 г.)

Электронный сборник статей по материалам конференции

В трех томах

Том 1

Под общей редакцией ректора КГЭУ Э. Ю. Абдуллазянова

Авторская редакция

Корректор *Д.А. Ганеева*

Компьютерная верстка *Д.А. Ганеевой*

Дизайн обложки *Ю. Ф. Мухаметшиной*

КГЭУ

420066, Казань, Красносельская, д. 51

Ежегодная конференция проводится в память первого ректора КГЭУ – Фореля Закировича Тинчурина (1926–2002).

Тинчурин Форель Закирович – инженер-механик, профессор, в 1952–1976 годах занимался научно-педагогической работой в Казанском авиационном институте. В 1976 году стал проректором Казанского филиала Московского энергетического института, а в 1985 году – его ректором, в этой должности пребывал до 1994 года.

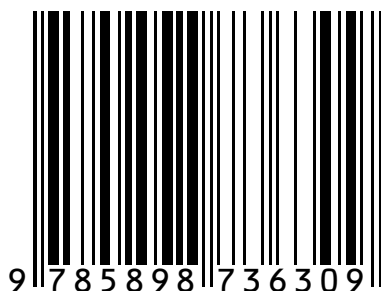
В память талантливого ученого, педагога и организатора высшего образования в Республике Татарстан – Фореля Закировича Тинчурина – заложена традиция проведения ежегодной международной конференции «Тинчуринские чтения».

В 2023 году Казанский государственный энергетический университет отмечает свой юбилей. За 55 лет университет прошел огромный путь и стал одним из крупнейших и авторитетнейших ВУЗов, признанных как в России, так и за рубежом. Воспитано несколько поколений высококлассных специалистов для отрасли, многие из которых стали руководителями предприятий.

На базе университета созданы все условия для успешной подготовки специалистов в области энергетики: специализированные кафедры; множество учебно-научных лабораторий созданных по последним требованиям отрасли; функционирующий процесс тренажер-симулятор, моделирующий работу энергоблока с одним из самых современных и безопасных реакторов; учебный полигон «Подстанция 110/10 кВ»; современные общежития.

По объему и уровню выполняемых научных работ КГЭУ является одним из лучших вузов Российской Федерации.

ISBN 978-5-89873-630-9



9 785898 736309