

**ХІХ МЕЖДУНАРОДНАЯ МОЛОДЕЖНАЯ
НАУЧНО–ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ В
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ»**

26–28 ноября 2024 г.

Материалы конференции



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Министерство энергетики Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Казанский государственный энергетический университет»
АО «Системный оператор Единой энергетической системы»
Благотворительный фонд «Надежная смена»

ХІХ МЕЖДУНАРОДНАЯ МОЛОДЕЖНАЯ
НАУЧНО–ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ В
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ»

26–28 ноября 2024 г.

Материалы конференции

Казань 2025

Организаторы конференции



ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет»



АО «Системный оператор
Единой энергетической
системы»



Благотворительный Фонд
«Надежная смена»

При поддержке



Министерство энергетики
Российской Федерации



Министерство науки и высшего
образования Российской Федерации

Информационный партнер



Журнал «Электроэнергия. Передача и распределение»

УДК 621.3
ББК 31.2
Д 25

Рецензенты:

М. Ш. Гарифуллин - доктор техн. наук, проф. каф. «Электроэнергетические системы и сети»
Казанский Государственный Энергетический Университет
Н.Л. Бацева - кандидат техн. наук, доц. Отделения электроэнергетики и электротехники
Томский Политехнический Университет

Редакционная коллегия:

А.Г. Арзамасова (отв. редактор), О.В. Воркунов, В.В. Максимов

Д 25 XIX Международная молодежная научно-практическая конференция «Диспетчеризация и управление в электроэнергетике»: материалы конференции (Казань, 26-28 ноября 2024 г.) / редкол. А. Г. Арзамасова (отв. редактор). – Казань: КГЭУ, 2025. – 719 стр.

ISBN 978-5-89873-686-6

Электронное издание

Опубликованы материалы международной молодежной научно - практической конференции «Диспетчеризация и управление в электроэнергетике» по научным направлениям: электроэнергетические системы и сети; генерация, передача и потребление электрической энергии; релейная защита и автоматизация в электроэнергетических системах; электроснабжение и электрооборудование; трансформации в энергетике: экономика, политика, педагогика, коммуникации; первые шаги в электроэнергетику.

Предназначены для научных работников, аспирантов и специалистов, работающих в области энергетики, а также для обучающихся образовательных учреждений энергетического профиля.

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

УДК 621.3
ББК 31.2

ISBN 978-5-89873-686-6

© КГЭУ, 2025

НАПРАВЛЕНИЕ 1: ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ. ГЕНЕРАЦИЯ, ПЕРЕДАЧА И ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

УДК 621.3

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СЕТИ ЗДАНИЙ

Азовцев Д.К., Валиуллина Д.М.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
d.azovcevk@mail.ru, valiullinadiliya@mail.ru

В статье подробно рассмотрены основные компоненты и принципы организации электрических сетей в зданиях; описаны различные виды электрических сетей, воздействующих на здания: силовая сеть для питания мощного оборудования, сеть внутреннего освещения для помещений освещения, сеть наружного освещения для территории вокруг здания, а также специализированные сети, такие как система пожарной сигнализации и охранная сигнализация.

Ключевые слова: электрические сети, энергоэффективность, освещение, электроснабжение, здания.

Электрические сети являются неотъемлемой частью каждого современного здания. Они обеспечивают распределение и использование электрической энергии для освещения, обогрева, работы электроприборов и оборудования. От качества проектирования и монтажа электросетей зависит безопасность эксплуатации здания, комфорт и энергоэффективность. В статье рассмотрим основные компоненты и принципы организации электрических сетей в зданиях.

В зданиях разных типов (жилые дома, офисные и общественные здания, промышленные объекты) используются различные виды электрических сетей. Наиболее распространены следующие:

- силовая сеть обеспечивает питание электродвигателей, подъемников, насосов, вентиляторов и другого оборудования, потребляющего значительные мощности. Как правило, силовая сеть выполняется трехфазной и прокладывается отдельно от сети освещения;
- сеть внутреннего освещения предназначена для освещения помещений, коридоров, лестниц и другой инфраструктуры здания. В зависимости от назначения помещений применяются различные виды осветительных приборов – люстры, потолочные и настенные светильники, встраиваемые светодиодные панели и т.д.;
- сеть наружного освещения обеспечивает освещение территории, прилегающей к зданию – парковок, входных зон, дорожек. Как правило,

сеть наружного освещения управляется отдельно от внутренней системы [1].

В зданиях могут быть предусмотрены специализированные электрические сети – система пожарной сигнализации, система контроля доступа и охранная сигнализация, сеть интернета и телефонии.

Электрические сети в здании проектируются и монтируются в соответствии с нормативными требованиями и правилами устройства электроустановок. Основополагающие принципы организации сетей:

- разделение по назначению. Как было отмечено ранее, в зданиях используются отдельные сети для различных систем – силовая, осветительная, охранная и т.д. Это позволяет обеспечить независимое управление и защиту каждой системы;

- иерархическая структура. Электрическая сеть здания имеет древовидную структуру, где от вводного устройства (вводно–распределительного щита) расходятся магистральные линии, питающие групповые или этажные щиты, от которых в свою очередь питаются отдельные электроприемники;

- зонирование. В крупных или многоэтажных зданиях электрическая сеть дополнительно разделяется на зоны, соответствующие функциональному назначению помещений – офисная, жилая, производственная и т.п. Это позволяет централизованно управлять электропотреблением в каждой зоне;

- резервирование. Для повышения надежности электроснабжения предусматривается резервный ввод электроэнергии от второго независимого источника питания (резервной дизель–генераторной установки) и секционирование основных линий;

- управление и автоматизация. Современные электрические сети в зданиях оснащаются системами автоматического управления освещением, вентиляцией, кондиционированием и другими электроприемниками в зависимости от загруженности, времени суток, присутствия людей. Это позволяет существенно повысить энергоэффективность здания [2].

Перспективы развития и внедрения новых технологий в электрических сетях зданий открывают широкие возможности для повышения эффективности и надежности электроснабжения. Одним из главных принципов является использование самонесущих проводов с изоляцией из сшитого полиэтилена, которые заменяют традиционные кабели бумажной пропитанной изоляцией, что обеспечивает повышенную надежность и долговечность [3].

Реклоузеры с вакуумными выключателями и электронными или микропроцессорными блоками управления становятся безальтернативными устройствами для защиты и управления сетями. Эти

устройства позволяют обеспечить развитие связей между сетями, управлением сетями и связью между блокчейнами.

Внедрение интеллектуальных технологий и IT-решений в распределительном комплексе позволяет создавать информационно-управляющие системы, которые обеспечивают автоматизированное подключение и управление сетями. Сюда относится использование микропроцессоров и беспроводную передачу данных, что повышает энергоэффективность и комфорт эксплуатации зданий.

Эти инновации не только улучшают технические характеристики электрических сетей, но и обеспечивают более экономичное и экологически чистое использование электрической энергии, что является решающим фактором для современных зданий [4, 5, 6].

Таким образом, электрические сети являются неотъемлемой инженерной системой любого здания. От правильного проектирования и монтажа электросетей зависит бесперебойное и безопасное электроснабжение, энергоэффективность и комфорт эксплуатации объекта. Применение современных решений по разделению, резервированию, автоматизации сетей позволяет обеспечить надежную и экономичную работу электрооборудования в зданиях различного назначения [7].

Источники

1. Руководство по устройству электроустановок. Schneider Electric S. A.
2. Крючков И. П., Неклипаев Б. Н., Старшинов В. А., Пираторов и др. Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования. – М.: Издательский центр «Академия», 2021.– 461 с.
3. Аветян А. Г. Особенности применения нерегулируемых автоматических выключателей в осветительных и аналогичных сетях. Дисс. канд. техн. наук. 2022.
4. Селективность автоматических выключателей АББ в сетях низкого напряжения. АББ Индустри и Стройтехника. 2020.
5. Джебицки С., Вальчук Е. Токоограничивающие автоматические выключатели. – Л.: Энергоиздат, 2022.– 116 с
6. 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.
7. Оптимизация рабочих режимов электрических сетей 0,4 КВ / А. М. Маклецов, К. К. Лыу, В. В. Максимов [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 5. – С. 367–374.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКИ ВНЕДРЕНИЕМ ОБЪЕКТОВ ВИЭ

Амхаев Т.Ш., Дебиев М.В., Асхабов У.Р., Узиева Х.В., Зармаев М.В.

ФГБОУ ВО ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова, г. Грозный, Россия

amkhaev79@mail.ru, mair76@mail.ru, Ashabov_81@mail.ru, havauzieva@mail.ru,
zarmaev_mv@mail.ru

В данной статье рассмотрены современные тенденции развития энергетической отрасли с акцентом на использование возобновляемых источников энергии на примере Чеченской Республики. Проведен некоторый анализ внедрения ветроэнергетических установок (ВЭУ) на территории Чеченской Республики. Рассмотрены возможные пути развития энергетического сектора, а также важность стратегических шагов для эффективного использования природных ресурсов Чеченской Республики в контексте глобальных энергетических тенденций.

Ключевые слова: ВИЭ, энергетика, модернизация, ветроэнергетическая установка, экология.

На сегодняшний день в мире всё актуальнее становится вопрос масштабного использования возобновляемой энергии, к её применению с каждым годом приходят всё больше стран, как развитых, так и развивающихся.

Так, например, ветроэнергетика также развивается в нашей стране, хотя и относительно медленно. В последние годы в России были введены в эксплуатацию объекты возобновляемой энергетики (таблица 1). В 2025–2029 годах планируется построить ветроэлектростанцию общей установленной мощностью 372,6 МВт[1, 4].

По состоянию на декабрь 2020 года, на территории Чеченской Республики эксплуатировались две электростанции общей мощностью 361,3 МВт. В их числе одна тепловая электростанция – Грозненская ТЭС и одна малая гидроэлектростанция – Кокадойская МГЭС.

Таблица 1

Основные объекты возобновляемой энергетики и тепловые электростанции, их мощность и развитие по годам

Год	Объект/регион	Тип электростанции	Установ– ленная мощность (МВт)	Примечания
2014– 2016	Россия	Возобновляемая энергетика (разные объекты)	130	Объекты возобновляемой энергетики введены в эксплуатацию
2017	Россия	Возобновляемая энергетика (разные объекты)	140	Продолжение развития возобновляемой энергетики
2018	Сорочинская СЭС «Уран», Россия	Солнечная электростанция	60	Самая мощная солнечная электростанция в России
2020	Чеченская Республика	Грозненская ТЭС, Кокадойская МГЭС	361,3	Две электростанции, ТЭС доминирует в производстве электроэнергии
2024	Самарская область	Гражданская ВЭС	100,1	Планируемый ввод в эксплуатацию
2024	Самарская область	Покровская ВЭС	86,5	Планируемый ввод в эксплуатацию
2024	Самарская область	Ивановская ВЭС	50,1	Планируемый ввод в эксплуатацию
2025– 2029	Самарская область	Ветроэлектростанция	372,6	Планируемое строительство
2019	Чеченская Республика	Грозненская ТЭС, Кокадойская МГЭС	–	Выработано более 700 млн кВт·ч электроэнергии

В 2025 году Чеченская Республика планирует увеличить мощности возобновляемых источников энергии в 7 раз – с 5 МВт до 55 МВт. Достичь этого планируется за счёт действующих двух солнечных электростанций в Ачхой–Мартановском и Наурском районах и завершением строительства солнечной электростанции в Курчалоевском районе, а также вводом в эксплуатацию малой гидроэлектростанции «Башенная» мощностью 10,0 МВт в горном Итум–Калинском районе[5].

Проведем некоторый анализ внедрения ветроэнергетических установок (ВЭУ) на территории Чеченской Республики. Если рассмотреть жилой поселок среднего значения, то он потребляет порядка 180 000 кВт·ч

в год, а потребление электроэнергии животноводческого комплекса до 200 голов может составить порядка 384 000 кВт·ч в год.

Для более детального анализа ниже (табл. 2 и 3) приведены некоторые параметры ВЭУ, установленная мощность которых составляет 250 и 50 кВт. Такие энергетические параметры приведены с учетом климатических характеристик ветровых значений районов северной части Чеченской Республики, значения скорости ветра которых взяты из средних статистических наблюдений, проведенных в периоде последних 20–ти лет. Выработка электроэнергии в году, с такими ветровыми характеристиками из проводимых расчетов составит 480 113,7 кВт·ч. Выработка электроэнергии ветроустановкой мощностью 50 кВт в год составляет 179 864,7 кВт·ч.

Производство электроэнергии в году ветроэнергетической установкой значением мощности 250 кВт коэффициент использования установленной мощности составит – 21,9, а ВЭУ мощностью 50 кВт – 41,1

Таблица 2

Вырабатываемая электроэнергия ВЭУ мощностью 250 кВт

Скорость ветра	Значение мощности ВЭУ, кВт	Суммарное число часов в году, ч	Усредненная скорость ветра, м/с	Вероятностная скорость ветра, %	Выработка электроэнергии, кВт·ч
0 – 2 м/с	0,0	832,2	1	9,5	0
3 – 6 м/с	13,0	4577,1	4,5	52,25	59 502,3
7 – 10 м/с	108,0	2715,6	8,5	31	293 284,8
11 – 14 м/с	199,0	613,2	12,5	7	122 026,8
15 – 18 м/с	242,0	21,9	16,5	0,25	5 299,8
19 – 25 м/с	214,0	0	22	0	0
Итого		8760		100	480 113,7

В ходе данного исследования рассматривались две конфигурации схем электроснабжения с разным количеством ВЭУ. Проведенный анализ эффективности работы двух схем автономных источников электроэнергии показал, что суммарная мощность каждой из них составляет 500 кВт. Здесь целесообразна схема с двумя ВЭУ мощностью по 250 кВт (итого – 500 кВт) и схема с десятью ВЭУ (итого – 500 кВт) мощностью по 50 кВт [2, 5].

Таблица 3

Вырабатываемая электроэнергия ВЭУ мощностью 50 кВт

Скорость ветра	Значение мощности ВЭУ, кВт	Суммарное число часов в году, ч	Усредненная скорость ветра, м/с	Вероятностная скорость ветра, %	Выработка электроэнергии, кВт.ч
0 – 2 м/с	0,0	832,2	1	9,5	0
3 – 6 м/с	11,0	4577,1	4,5	52,25	50348,1
7 – 10 м/с	36,0	2715,6	8,5	31	97761,6
11 – 14 м/с	50,0	613,2	12,5	7	30660
15 – 18 м/с	50,0	21,9	16,5	0,25	1095
19 – 25 м/с	50,0	0	22	0	0
Итого		8760		100	179 864,7

Развитие альтернативной энергетики в Чеченской Республике целесообразно в два этапа [2, 3]:

1) строительство маломасштабных пилотных установок с использованием ВИЭ с целью фактического (экспериментального) подтверждения прогнозных проектных значений;

2) постепенное массовое внедрение установок, использующих ВИЭ, в частном секторе, в рамках частных или государственных энергетических компаний.

Необходимо изучить возможность создания стимулов для компаний, частных лиц и предпринимателей по установке и использованию «зеленой» энергии и найти финансирование.

В заключении обозначим следующие приоритеты развития энергетического сектора в Чеченской Республике [5]:

1. Разработка современной программы развития нетрадиционных и возобновляемых источников энергии в Чеченской Республике;

2. Гидрологический мониторинг рек в горных районах республики с целью выбора наиболее подходящих мест для строительства малых ГЭС;

3. Проведение комплексных метеорологических наблюдений (солнечная радиация, скорость и направление ветра на разных высотах и т.д.) в различных районах республики с целью выбора наиболее подходящих площадок для размещения солнечных и ветровых электростанций;

4. Проведение фундаментальных и прикладных исследований и разработок в области возобновляемых источников энергии.

Источники

1. Баринова В.А., Ланьшина Т.А. Особенности развития возобновляемых источников энергии в России и в мире // Российское предпринимательство. 2016. Т. 17. № 2. С. 259
2. Керимов И.А., Дебиев М.В., Магомадов Р.А–М., Хамсуркаев Х.И. Использование гидроаккумулирующих агрегатов в энергосистеме Чеченской Республики // Электронный журнал «Инженерный вестник Дона», 2012. № 1. URL: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n1y2012/673>.
3. Программы развития ТЭК Министерство промышленности и энергетики Чеченской Республики. [Интернет ресурс] URL: <https://web.archive.org/web/20161203163943/http://minpromchr.ru/investment/development-program>
4. Тасенко Д.С., Каган М.Б., Скрипчинская Е.А. Развитие альтернативной электроэнергетики на Северном Кавказе: Современное состояние и перспективы развития // Грозненский естественнонаучный бюллетень. 2023. Т. 8. № 1 (31). С. 104–111.
5. Керимов И.А., Дебиев М.В., Масаев С.Х. Приоритетные направления развития энергетики чеченской республики / Энергетическая политика. 2021. № 1 (155). С. 78–87.

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

Астафьев В.С., Наумов О.В.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

astafev033@gmail.com, o_naumov@list.ru

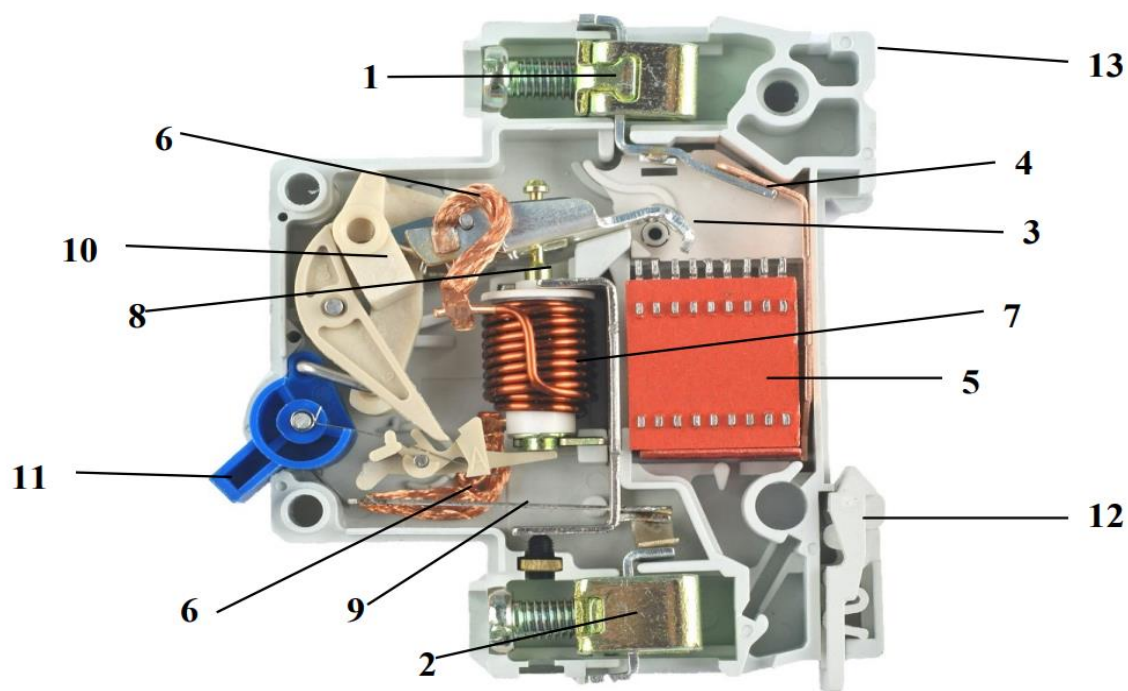
В тезисе предложены технические средства предупреждения и профилактики пожаров от электрооборудования.

Ключевые слова: автоматический выключатель, пожарная безопасность, перегрузка, короткое замыкание.

Автоматические выключатели бывают с электромагнитным расцепителем защищающим электрическую цепь от короткого замыкания и комбинированным расцепителем — когда дополнительно с электромагнитным расцепителем применяется тепловой расцепитель, защищающий цепь от перегрузки [1].

По требованиям главы 3.1 ПУЭ, СП 31–110–2003, СП 256.1325800.2016, бытовые электросети должны быть защищены от коротких замыканий и перегрузки [2]. Поэтому для защиты электропроводки жилых и общественных зданий следует применять автоматы с комбинированным расцепителем.

Защиту электрической цепи от перегрузки обеспечивает тепловой расцепитель автоматического выключателя. Перегрузка возникает при включении в сеть электрооборудования, общая мощность которого превышает допустимую нагрузку для данной сети. Это может привести к перегреву проводов, повреждению изоляции электропроводки и возникновению пожара. Тепловой расцепитель представляет собой пластину из двух разных металлов, имеющих разные коэффициенты расширения при нагреве. При превышении номинального тока АВ через пластину, она нагревается, причем один металл расширяется быстрее другого, что приводит к искривлению пластины. Это искривление активирует механизм расцепителя, вызывая размыкание подвижного контакта [3].



Устройство АВ с комбинированным расцепителем

1, 2 – винтовые клеммы для подключения; 3 – подвижный контакт;
4 – неподвижный контакт; 5 – дугогасительная камера; 6 – гибкий проводник (применяется для соединения подвижных частей автоматического выключателя);
7 – катушка электромагнитного расцепителя; 8 – сердечник электромагнитного расцепителя; 9 – тепловой расцепитель (биметаллическая пластина); 10 – механизм расцепителя; 11 – рукоятка управления; 12 – фиксатор (для крепления автомата на DIN-рейке); 13 – корпус.

Время срабатывания теплового расцепителя зависит от превышения тока в цепи над номинальным значением АВ. Чем больше это превышение, тем быстрее сработает расцепитель. Рекомендуется выбирать ток уставки автоматических выключателей, предназначенных для защиты отдельных участков сети, таким образом, чтобы он был наименьшим с учетом расчетных токов этих участков или номинальных токов электроприемников, при этом не допуская отключения защитных устройств из-за кратковременных перегрузок, таких как пусковые токи, пики технологических нагрузок и т.д. [4].

Внимание следует уделять маркировке и характеристикам автоматического выключателя. В маркировке указываются следующие данные:

- Модель автоматического выключателя;
- Номинальный ток – это максимальный ток, при котором автоматический выключатель может безопасно работать без прерывания

цепи. Обычные значения номинальных токов для жилых и общественных зданий составляют 10, 16, 25, 32, 40, 63 А;

- Номинальное напряжение – максимальное напряжение сети, для которого рассчитан автоматический выключатель;

- Предельная отключающая способность автоматического выключателя – это максимальный ток короткого замыкания, который автоматический выключатель может обработать, сохраняя при этом свою работоспособность [5].

- Характеристика срабатывания определяет диапазон, в котором электромагнитный расцепитель автоматического выключателя (АВ) срабатывает. Эта характеристика обозначается буквенно. Для защиты электрических сетей жилых и общественных зданий чаще всего используются автоматические выключатели с характеристиками В, С, D.

Источники

1. СП 256.1325800.2016 Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа.

2. СП 31–110–2003 Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий.

3. Электротехнические причины пожара [Электронный ресурс]. <https://fireman.club/statyipolzovateley/elektrotexnicheskie-prichiny-pozhara/> (Дата обращения: 25.06.24)

4. Воркунов О. В. автоматизированная система контроля возникновения замыканий на корпусе электрооборудования / О. В. Воркунов, Р. Е. Саттаров // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике : Материалы Международной молодежной научно–практической конференции, посвященной 55–летию КГЭУ, Казань, 08–10 ноября 2023 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2024. – С. 165–167.

5. Воркунов О. В. Анализ токов короткого замыкания силового трансформатора с помощью программных и аппаратных средств / О. В. Воркунов, Л. А. Глоткина // Научно–технический вестник Поволжья. – 2023. – № 11. – С. 347–349.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТРАМВАЙНОЙ ЭЛЕКТРОСЕТИ ДЛЯ РАСШИРЕНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЗАРЯДНЫХ СТАНЦИЙ

Бакулин К. Г.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

Konstantin.Bakulin2@mail.ru

Науч. рук. доц. Хуснутдинов А.Н.

В данном тезисе исследуется возможность использования существующей инфраструктуры электротранспорта — трамваев и троллейбусов — для развития зарядной сети электромобилей. Применение такой сети представляет собой эффективное решение, так как она уже рассчитана на работу с большими токами постоянного тока, что делает переход к электромобилям более простым и экономически выгодным. Возможности данного подхода и методология его реализации будут рассмотрены на примере города Казань, что позволит продемонстрировать его эффективность в условиях крупного российского города.

Ключевые слова: инфраструктура зарядных станций, электромобиль, электрификация транспорта, преобразователи постоянного тока, трамвай.

Электромобили становятся все более популярными благодаря множеству преимуществ, которые делают их привлекательными как для пользователей, так и для городов. Во-первых, они гораздо экологичнее по сравнению с традиционными транспортными средствами на бензине или дизеле. Электромобили не производят выбросов вредных веществ при эксплуатации, что способствует улучшению качества воздуха, особенно в городских условиях [1, 2]. Во-вторых, их КПД значительно выше, так как электродвигатели работают с минимальными потерями энергии.

По этой причине спрос на развитие электротранспорта резко вырос, как со стороны частных пользователей, так и от государства [3, 4]. В России также внедряются программы поддержки электротранспорта. Например, правительство Москвы разработало план по расширению инфраструктуры зарядки для электромобилей, а также вводятся субсидии на покупку таких автомобилей. В 2021 году было объявлено о планах по установке тысяч зарядных станций к 2030 году, что делает столицу одним из лидеров в этой области в стране.

Тем не менее, при развитии новой инфраструктуры стоит обратить внимание на существующий опыт эксплуатации электротранспорта — трамваи и троллейбусы. В крупных городах России уже развита сеть электропитания для этого вида общественного транспорта, например, Трамвайная система Казани включает девять действующих маршрутов с ежедневным выпуском 82 трамваев, большинство линий проходит по оси магистральных улиц (рис.1). Сеть работает на постоянном токе с напряжением 550 В [5].

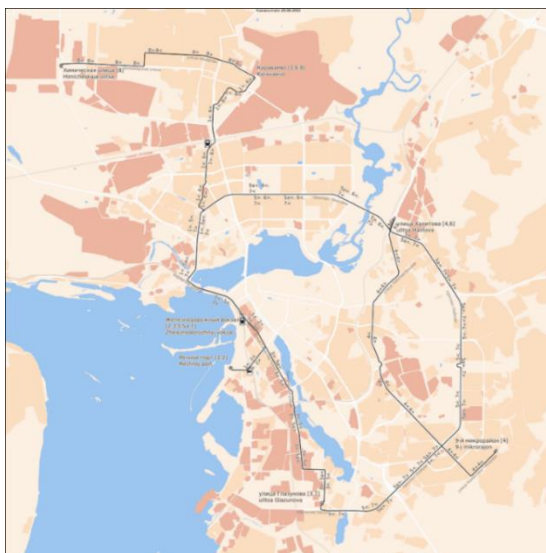


Рис. 1. Карта трамвайной сети г. Казань

В Казани сеть тяговых подстанций распределена вдоль маршрутов трамваев и троллейбусов. Для обеспечения надежной работы транспортной системы подстанции расположены с интервалом 3–5 километров. В связи с высокой интенсивностью трамвайной сети в г. Казань [6] возможно ограничение числа станций, которые можно будет установить. Часть маршрутов трамваев проходит через зоны, не охваченные зарядными станциями (рис. 2).

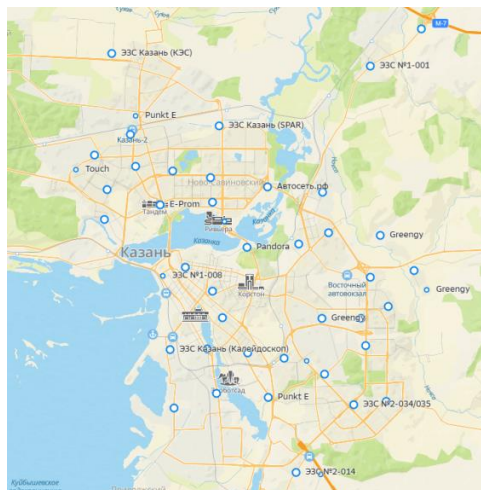


Рис. 2. Расположение зарядных станций в г. Казань

Типичная мощность тяговой подстанции для городской электротранспортной системы может варьироваться от 1 до 5 МВт, в зависимости от количества подвижного состава и интенсивности движения. После выпрямления напряжение 550 В постоянного тока передается в контактную сеть, которая распределяет питание по всей линии трамвая.

Мощность зарядных станций варьируется от 3.7 кВт до 300 кВт [7], что не оказывает значительной нагрузки на мощность тяговой подстанции. Применение электросети трамвайного транспорта позволит повысить эффективность зарядных станций [8], повысить их зону покрытия и удешевить стоимость каждой зарядной станции ввиду существующей инфраструктуры и отсутствия необходимости в конвертации переменного тока в постоянный.

Источники

1. Вахрушев, Е. И. Актуальные проблемы и преимущества электромобилей в качестве транспорта будущего / Е. И. Вахрушев // Вестник науки. – 2024. – Т. 2, № 7(76). – С. 409–415.
2. Юсупова, И. В. Актуальная повестка развития зарядной инфраструктуры для транспортных средств с электродвигателями в России / И. В. Юсупова, А. Г. Арзамасова, Д. К. Селезнев // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2022. – № 3(66). – С. 123-136. – EDN DBOIUG.
3. Велюго, Ю. Политика развития электротранспорта в России / Ю. Велюго, А. Г. Арзамасова // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике: Материалы Международной молодежной научно-практической конференции, посвященной 55-летию КГЭУ, Казань, 08–10 ноября 2023 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2024. – С. 451-453. – EDN NKMGOL.
4. Квасова, А. П. Развитие зарядной инфраструктуры при масштабном внедрении электромобилей / А. П. Квасова, А. Н. Хуснутдинов, Д. К. Якубова // Тинчуринские чтения – 2024 "Энергетика и цифровая трансформация»: Международная молодежная научная конференция. Казань, 24–26 апреля 2024 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2024. – С. 306–309.
5. Идиятуллин, Р. Г. Проведение экспериментальных исследований рациональных эксплуатационных режимов тяговых электродвигателей трамваев / Р. Г. Идиятуллин, А. Р. Бакиров // Известия

высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2005. – № 11–12. – С. 18–29.

6. Степанов, П. С. Пространственное взаимодействие сетей электротранспорта в городах России / П. С. Степанов // Региональные исследования. – 2020. – № 1(67). – С. 110–121.

7. Вахрушев, М. А. Анализ эффективности использования зарядных станций для электромобилей / М. А. Вахрушев // Столыпинский вестник. – 2022. – Т. 4, № 4.

8. Zhang T. et al. Increasing urban tram system efficiency, with battery storage and electric vehicle charging //Transportation Research Part D: Transport and Environment. – 2020. – Т. 80. – С. 102254.

ИСТОРИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ НАКОПЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РОССИИ

Балаев П.А., Петракова Т.В., Хисамов Р.Р.

ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», г. Москва, Россия

BalayevPetA@mpei.ru, PetrakovaTV@mpei.ru, KhisamovRR@mpei.ru

Науч. рук. доц. Булатов Р.В.

В исследовании изложены история и перспективы применения систем накопления электроэнергии (СНЭЭ) в составе изолированных и объединенных энергосистем. Проведен анализ тенденций изменения нормативно–технических документов, регламентирующих работу СНЭЭ в составе Единой энергетической системы (ЕЭС) России и формирующих требования их функционирования на оптовом рынке электроэнергии и мощности (ОРЭМ).

Ключевые слова: СНЭЭ, история развития СНЭЭ, перспективы развития СНЭЭ, нормативные документы.

Применение СНЭЭ в ЕЭС России является приоритетным направлением развития электроэнергетического комплекса согласно Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года, утвержденной распоряжением Правительства РФ от 9 июня 2020 года №1523–р. Интеграция СНЭЭ позволяет повысить надежность электроснабжения потребителей, регулировать режимные параметры энергосистемы, повысить эффективность используемых электростанций на базе возобновляемых источников электроэнергии (ВИЭ).

Вопросы, связанные с функционированием СНЭЭ в составе энергосистем, и разработкой нормативно–технической документации, возникали с момента появления первых СНЭЭ. Необходимость использования СНЭЭ на электростанциях в качестве резервных источников питания была отмечена ещё в 1920–х гг., однако первые инструкции по эксплуатации свинцово–кислотных аккумуляторных батарей приводятся в стандартах Минэнерго СССР только в 1946–1949 гг. [1]. Выход режимных параметров энергосистемы (частота тока, уровни напряжения в узлах сети) за допустимые пределы, вызванный ускоренным ростом энергопотребления в 1930–х гг., приводил к технологическим авариям. Для решения приведенной проблемы была разработана Москворецкая ГАЭС, строительство которой не было осуществлено [2].

Несмотря на это, в настоящее время ГАЭС занимают первое место по мощности и энергоемкости среди существующих проектов СНЭЭ [3]. Дальнейшее развитие СНЭЭ в СССР происходило в 1960–х гг. В разработке находились никель–кадмиевые аккумуляторные батареи и кинетические накопители, работы по которым значительно продвинулись после изобретения в 1964 г. супермаховика [4]: разработан эскизный проект накопителя на основе асинхронизированной машины мощностью 200 МВт [5]. Нестабильность социально–экономической ситуации с 1990–х гг. вызвала стагнацию исследований в области СНЭЭ, поэтому до 2015–х гг. СНЭЭ использовались на магистральных подстанциях, и были предназначены для резервирования электроснабжения собственных нужд подстанций. Новое десятилетие задало вектор развития СНЭЭ, направленный на их активное изучение и внедрение. В рамках проекта «Энерджинет» были описаны требования к использованию СНЭЭ для повышения надежности и эффективности работы ЕЭС России [6]. В 2018 г. на действующей Кош–Агачской солнечной электростанции (СЭС) впервые была внедрена СНЭЭ на базе литий–ионных аккумуляторов мощностью 250 кВт и энергоемкостью 580 кВт·ч, а в 2019 г. началось строительство Бурзянской СЭС с использованием СНЭЭ мощностью 4 МВт и энергоемкостью 8 МВт·ч, что позволило СЭС работать как параллельно с ЕЭС, так и в изолированном режиме [7].

В 2024 году было подписано постановление Правительства РФ от 03.05.2024 № 562, которое устанавливает нормативную основу для использования СНЭЭ на ОРЭМ и розничных рынках электрической энергии. Также в [8] были сформированы технические требования к СНЭЭ при их параллельной работе в составе ЕЭС России при диспетчерском управлении и изолированных энергосистемах.

Стоит отметить, что на данный момент отсутствует нормативно–техническая документация, определяющая требования к совместной работе ВИЭ и СНЭЭ, а также финансовая поддержки таких проектов несмотря на то, что существуют механизмы окупаемости СНЭЭ [9].

Таким образом, в рамках данной работы были рассмотрены этапы технического развития СНЭЭ и нормативно–технической документации. Проведен анализ и найдена закономерность между внедрением технологии и разработкой необходимой документации, а также описаны проблемы, требуемые дальнейшей научной проработки.

Источники

1. Правила устройства электротехнических установок / М-во электростанций СССР. Техн. отд. – Москва, Ленинград: издательство и типография Госэнергоиздата, 1949. – 320 с.
2. ГАЭС на Воробьевых горах // Свободная Пресса URL: <https://svpressa.ru/post/article/126434/> (дата обр.: 24.10.2024);
3. Зырянов В.М., Кирьянова Н.Г., Коротков И.Ю., Нестеренко Г.Б., Пранкевич Г.А. Системы накопления энергии: российский и зарубежный опыт – Энергетическая политика – 2020 – № 6 – С. 76–86;
4. Лысенко Г.П. Методы накопления электрической энергии. Принцип работы супермаховика Нурбея Гулия // XIX Всерос. студ. науч.–практ. конф. НГУ: Сб. статей, Нижневартовск, 04–05 апреля 2017 г. / Отв. редактор А.В. Коричко. Часть 1. – Нижневартовск. – 2017. – С. 528–530;
5. Новиков Н.Л., Новиков А.Н. Молодежная секция РНК СИГРЭ // Перспективы применения накопителей энергии и интеллектуальных систем управления для распределенной генерации, включающей возобновляемые источники энергии. Новосибирск. 2017.
6. Постановление Правительства РФ "План мероприятий ("Дорожная карта") по совершенствованию законодательства и устранению административных барьеров в целях обеспечения реализации Национальной технологической инициативы по направлению "Энерджинет"" от 28.04.2018 № 830–Р // Собрание законодательства РФ. – 2018 г. – № 19. – Ст. 2803
7. Бурзянская солнечная электростанция – группа компаний «Хевел» // [эл. ресурс]: URL: <https://www.hevelsolar.com/projects/> (дата обр.: 24.10.2024);
8. ГОСТ Р 71521–2024. Национальный стандарт «Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Оперативно–диспетчерское управление. Технические требования к системам накопления электроэнергии, работающим в составе энергосистемы»: дата введения 2024–09–01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1306771137> (дата обр.: 24.10.2024).
9. Илюшин П. В., Шавловский С. В. Механизмы окупаемости инвестиций в системы накопления электрической энергии при их использовании для снижения пиковых нагрузок и затрат на мощность // Релейная защита и автоматизация. – 2021. – № 1(42). – С. 12–20.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В СЕТЯХ 110–220 кВ

Борисов Д.А., Маврин А.А.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
borisovdanil49@gmail.com, arturartem896@mail.ru

В статье рассматриваются методы прогнозирования потерь электроэнергии в сетях высокого напряжения (110–220 кВ) с использованием современных математических моделей. Приводится анализ факторов, влияющих на потери. Обсуждаются преимущества и недостатки различных подходов и предлагается методология повышения точности прогнозирования. Экспериментальные данные подтверждают эффективность применения многофакторного анализа и нейросетевых технологий для оптимизации потерь в сети, что позволяет сократить энергозатраты и повысить надёжность электроснабжения.

Ключевые слова: потери электроэнергии, прогнозирование, сети высокого напряжения, вероятностно–статистические методы, регрессионный анализ, нейронные сети, энергозатраты, надёжность, оптимизация.

Прогнозирование потерь электроэнергии (ЭЭ) в сетях напряжением 110–220 кВ является важной задачей, особенно в контексте современной электроэнергетики, где переход на конкурентный рынок предъявляет повышенные требования к точности расчётов. Потери ЭЭ непосредственно влияют на экономическую эффективность энергосистемы, поскольку они оказывают влияние на эксплуатационные затраты и технические параметры, такие как уровень напряжения и распределение реактивной мощности. Поэтому изучение методов прогнозирования и моделирования потерь в сетях 110–220 кВ актуально для оптимизации их работы.

Основными факторами, оказывающими влияние на потери ЭЭ, являются физическое состояние оборудования, режимы нагрузки, распределение активной и реактивной мощности, топология сети и её конфигурация. Исследования показывают, что устаревшее оборудование и неэффективные режимы работы приводят к значительным потерям, которые могут достигать 28% от общих технических потерь в сетях напряжения 110–220 кВ [1].

В современных исследованиях используются несколько подходов к прогнозированию потерь, включая вероятностно–статистические методы,

регрессионное и искусственные нейронные сети (ИНС). Наиболее часто применяемыми являются методы, основанные на моделировании на основе регрессионных зависимостей, что позволяет учесть большое количество переменных. Например, применение многофакторного регрессионного анализа позволяет эффективно учитывать изменения таких факторов, как нагрузка и уровень напряжения в сети [2]. Использование ИНС для прогнозирования потерь позволяет преодолеть ограничения традиционных методов, обеспечивая высокую точность прогноза даже в условиях неполных данных [3].

Вероятностно–статистические методы позволяют оценивать неопределённости и изменчивость нагрузки, создавая многофакторные модели на основе корреляционного анализа. Эти модели поддерживают многовариантные расчёты, применяя факторный анализ для прогноза сезонных и суточных колебаний сети.

В основе прогнозирования потерь лежат регрессионные модели, которые определяют зависимость потерь от активной и реактивной мощностей, уровней напряжения и сопротивления линий. Для сетей 110–220 кВ применяется полиномиальная регрессионная модель, включающая зависимые переменные, отражающие текущее состояние и динамику нагрузок в сети. Вычислительные алгоритмы для построения таких моделей разрабатываются на базе функциональных методов, позволяющих учитывать эффекты нелинейных зависимостей за счет методов наименьших квадратов и планирования экспериментов. Таким образом, получаемые модели демонстрируют ошибки прогноза на уровне 1,0–2,1% [4].

ИНС представляют собой эффективный метод прогнозирования, так как они способны восстанавливать сложные нелинейные зависимости между факторами, влияющими на потери. При разработке моделей для сетей 110–220 кВ наиболее целесообразно использовать многослойные персептроны и радиальные базисные функции, которые дают минимальную среднюю ошибку менее 0,1% на обучающих данных и обеспечивают адекватность прогнозов даже при дефиците информации [5]. Обучающая выборка, сформированная на основе данных по суточным и месячным режимам, позволяет модели предсказывать потери в широком диапазоне. ИНС демонстрируют преимущество в условиях многомерности и нестабильности нагрузки. В тестах на основе ИНС средняя ошибка составила 0,00001 % для активных потерь и 1,9% для обобщённых прогнозов по всем узлам [6]. Использование ИНС в условиях многовариантного моделирования показало эффективность в обработке

сезонных изменений и адаптивное повышение точности до 2% по сравнению с традиционными методами.

Таким образом, прогнозирование потерь электроэнергии в сетях высокого напряжения требует применения современных математических методов, способных учитывать многовариантность и нелинейные зависимости. На основе проведённого анализа доказано, что регрессионные модели и ИНС представляют собой эффективные инструменты для прогнозирования и оптимизации потерь мощности в сетях 110–220 кВ. Их внедрение позволяет значительно сократить энергозатраты, повысить экономическую и техническую эффективность эксплуатации сети, а также улучшить надёжность энергоснабжения. Применение ИНС и регрессионных моделей рекомендуется для более точного прогноза потерь в сетях, где высокая нагрузка и непредсказуемые изменения режимов создают трудности в расчётах.

Источники

1. Баламетов А. Б. Методы прогнозирования потерь мощности в электроэнергетических системах / Баламетов А.Б., Халилов Э.Д. // «Электричество». – 2019. – №7. – С. 19–29.
2. Манусов В.З. Модель прогнозирования потерь мощности в электрических сетях энергосистемы / В.З. Манусов, Ю.Б. Заиграева // Известия Томского политехнического университета. – 2018. – № 4, Т. 312. – С. 51–55.
3. Феоктистов, Д. И. Средства измерения числовых параметров в электроэнергетике / Д. И. Феоктистов, О. В. Воркунов // КИП и автоматика: обслуживание и ремонт. – 2024. – № 10. – С. 49–51.
4. Крысанов В.Н. Снижение потерь активной мощности на узловых подстанциях 110/220 кВ с помощью нечеткого регулятора / Крысанов В.Н., Бурковский В.Л., Данилов А.Д. // Региональные проблемы энергетики. – 2019. – № 1 (39). – С. 57–69.
5. Заиграева Ю.Б., Манусов В.З. Прогнозирование потерь мощности и электроэнергии с учетом новых реалий в электроэнергетики // Энергетика: экология, надежность, безопасность: Матер. XIII Всеросс. научно–техн. конф. – Томск: Изд–во ТПУ. – 2016. – С. 35–37.
6. Alanis A. Y., Ricalde L. J., Simetti C., Odone, F. Neural model with particle swarm optimization kalman learning for forecasting in smart grids. Mathematical Problems in Engineering, 2017, pp.1– 9.

ПРИМЕНЕНИЕ УСТРОЙСТВ ПРОДОЛЬНОЙ КОМПЕНСАЦИИ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Будрина Е.А., Воркунов О.В.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

lizaalex0033@mail.ru, vorcunov_oleg@mail.ru

В данном научном тезисе рассматривается применение устройств продольной компенсации (УПК) на воздушных линиях электропередач (ВЛ) как эффективного решения для повышения надежности и устойчивости энергетических систем. Исследование охватывает функциональные особенности УПК, их влияние на снижение продольных колебаний проводов, а также примеры успешного применения в различных регионах мира.

Ключевые слова: устройства продольной компенсации, воздушные линии электропередач, надежность, устойчивость, продольные колебания, пропускная способность.

Воздушные линии электропередачи (ВЛ) – важная составляющая системы электроснабжения, однако их надежность и стабильность работы подвержены воздействию таких факторов, как атмосферные явления и вибрации. Эти воздействия могут вызывать продольные колебания проводов, что снижает общую надежность и безопасность работы энергосетей.

Цель данного исследования – изучить эффективность применения устройств продольной компенсации для ВЛ. В рамках работы будут рассмотрены принципы функционирования этих устройств и приведены примеры их практического использования. Комплексный анализ влияния продольной компенсации на эксплуатационные характеристики ВЛ позволит выявить её ключевые преимущества и возможные недостатки в условиях современных энергосистем.

Устройства продольной компенсации (УПК) представляют собой специализированные системы, разработанные для снижения продольных колебаний проводов воздушных линий электропередач (ВЛЭ). Основное применение данных устройств – увеличение пропускной способности ВЛЭ. Их установка способствует улучшению качества электрического тока, снижению потерь и, соответственно, уменьшению финансовых затрат. Кроме того, они обеспечивают оптимальное распределение тока по проводам, что критически важно для эффективной работы системы.

Обычно стоимость устройства продольной компенсации составляет не более 10% от общей стоимости линии электропередачи, однако благодаря снижению потерь, такие устройства окупаются в течение нескольких лет эксплуатации.

Современные схемы компенсационных устройств можно классифицировать на три основных типа:

1. Фиксированные конденсаторы. Эти устройства устанавливаются на концах или в центральной части линии и предназначены для регулирования профиля напряжения в процессе передачи электроэнергии. Обычно уровень компенсации не превышает 70% от полного сопротивления. Конденсаторы могут быть представлены как в виде единого блока, так и в виде нескольких модулей, что позволяет более точно настраивать параметры компенсации.

2. Конденсаторы с тиристорным управлением. В этом случае конденсаторные батареи дополняются тиристорными реакторами, подключенными параллельно. Данная конфигурация обеспечивает плавное регулирование реактивной мощности в заданном диапазоне. Угол регулирования таких установок обычно варьируется от 150° до 180° .

3. Установки с преобразователями напряжения. Системы STATCOM (Static Synchronous Compensator) подключаются последовательно и предназначены для управления потоками мощности. Ключевой особенностью этих установок является возможность регулирования в индуктивном диапазоне, что позволяет эффективно управлять реактивной мощностью в сети.

К сожалению, в России наблюдается лишь единичное применение нерегулируемых УПК на высоковольтной линии 500 кВ, соединяющей Иркутскую и Красноярскую энергосистемы (ПП 500 кВ Тыреть). В то же время выполнен большой объем работ по выбору мест установки, мощности и типа УПК на протяженных линиях электропередачи различных энергосистем России. Необходимо активизировать работы по внедрению УПК в Российские электрические сети.

Однако УПК находят широкое применение в различных регионах мира, что позволяет значительно улучшить эксплуатационные характеристики ВЛ. Известно, что в Германии активно используются демпферы с переменной жесткостью на линиях электропередач, что позволяет адаптироваться к изменяющимся погодным условиям. Это решение помогло снизить количество повреждений проводов и улучшить качество электроснабжения. В Казахстане Устройства продольной компенсации на базе преобразователей напряжения (СТАТКОМ)

используются на линиях 110 кВ, что позволяет нормализовать режимы и увеличить пропускную способность.

К основным преимуществам применения УПК относятся:

1. Оптимизация распределения реактивной мощности
2. Устойчивость к динамическим возмущениям
3. Снижение затрат на эксплуатацию и обслуживание

Однако, несмотря на значительные преимущества, внедрение УПК сопряжено с высокими капитальными затратами, сложностью в управлении и потенциальными проблемами совместимости с существующим оборудованием.

Таким образом, применение устройств продольной компенсации на воздушных линиях электропередач способствует значительному повышению надежности и устойчивости энергетических систем. Примеры успешного внедрения УПК в различных регионах подтверждают их эффективность и перспективность для широкого применения в энергетике [4]. Дальнейшие исследования в этой области позволят еще более точно оценить экономическую целесообразность и оптимальные условия для использования УПК в различных условиях эксплуатации.

Источники

1. Панфилов Д. И. и др. Малогабаритные устройства продольной компенсации для воздушных линий электропередачи // *Электротехника*. – 2017. – №. 7. – С. 78–82.

2. Лоскутов А. А., Лоскутов А. Б., Шальнов Ю. С. Анализ устойчивости энергетической системы 110 кВ с использованием малогабаритных устройств продольной компенсации для воздушных ЛЭП // *Интеллектуальная электротехника*. – 2021. – №. 3. – С. 4–22.

3. Элчиева М. С., Карыбекова Б. К., Шумкаров М. Повышение пропускной способности воздушной линии электропередач с помощью устройства продольной компенсации // *Research Focus*. – 2023. – Т. 2. – №. 1. – С. 131–135.

4. Саданбеков К. Э. Регулирование напряжения с помощью компенсирующих устройств / К. Э. Саданбеков, О. В. Воркунов // *Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве: материалы IX Национальной научно-практической конференции, посвященной 55-летию КГЭУ, Казань, 07–08 декабря 2023 года*. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2024. – С. 825–827.

5. Ерусланов, Е. К. Основные повреждения на Воздушных Линиях / Е. К. Ерусланов, В. К. Козлов // *Научный альманах*. – 2021. – № 5–2(79). – С. 31–33.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА И ПРОГРАММЫ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМА ЧЕТЫРЕХПРОВОДНОЙ СЕТИ 0,4 кВ

Вахитов И.И., Маклецов А.М.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
ilsafwah16@mail.ru, mac.am@mail.ru

В данной работе предложен алгоритм и программа на языке программирования Python для расчета параметров режима четырехпроводной электрической сети 0,4 кВ с распределенными вдоль линий нагрузками.

Ключевые слова: параметры режима, четырех проводные электрические сети, математическая модель.

Актуальность данной темы связана с тем, что развитие интеллектуальных систем измерений дает возможность получать в реальном времени информацию о режимах работы всех потребителей, подключенных к конкретным ЛЭП. Использование указанной информации позволяет корректно рассчитывать режимы работы сетей 0,4 кВ, однако программное обеспечение для таких расчетов по причине относительно слабого внедрения интеллектуальных систем измерения в настоящее время либо отсутствует, либо недоступно. В то же время указанные расчеты в реальном времени будут находить применение по мере интеллектуализации электрических сетей [1, 2].

В данной работе представлены алгоритм и результаты расчетов параметров режима на разработанной математической модели четырехпроводной электрической сети 0,4 кВ, схема которой с 15 опорами и 45 однофазными потребителями представлена на рис. 1.

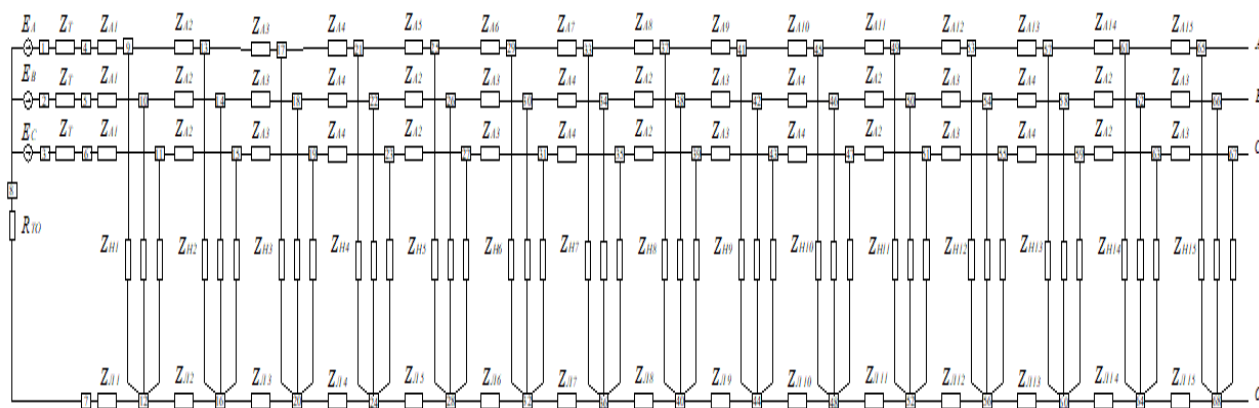


Рис. 1. Схема моделируемой сети

На рис. 2. представлена укрупненная блок–схема алгоритма определения параметров режима сети 0,4 кВ.

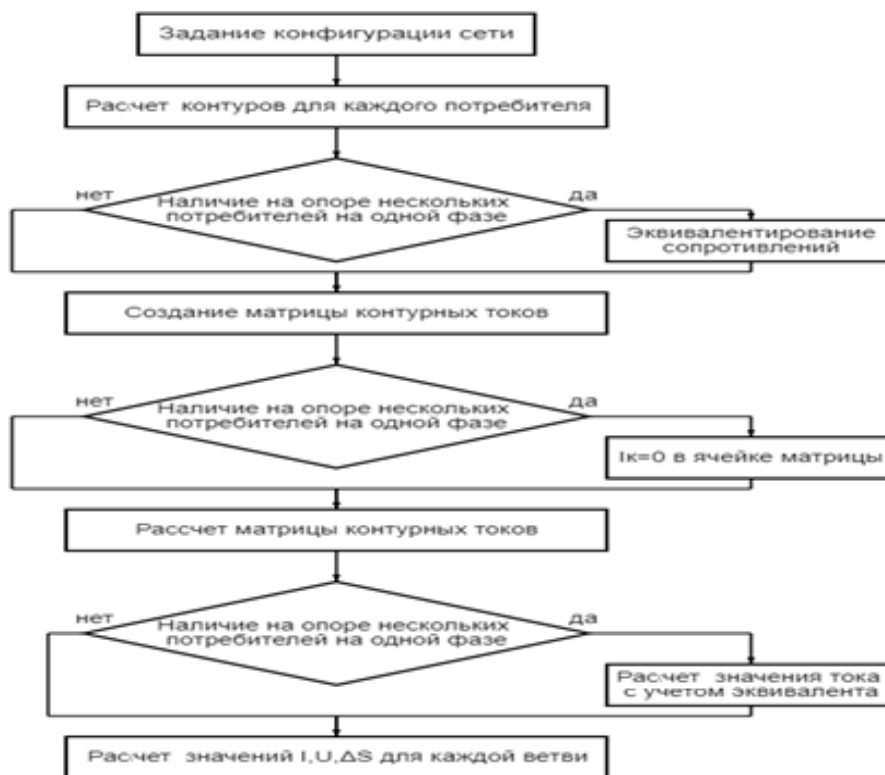


Рис.2. Блок схема алгоритма

Программа, разработанная по алгоритму рис.2 на языке программирования Python, при задании исходных данных в соответствии с таб.1 и таб.2, автоматически формирует математическую модель сети в виде уравнений контурных токов, определяет значения тока в каждой ветви, напряжения у каждого потребителя и потери электроэнергии в ЛЭП.

Результаты работы программы, при $Z_{нагрузки}=4+j2,4\text{Ом}$, $Z_t=0.105+j0.0256\text{Ом}$, $Z_{то}=0,15\text{Ом}$, $Z_{линии}=0.128+j0.256\text{Ом}$, $E_a=230\text{В}$, $E_b=230e^{j120}\text{В}$, $E_c=230e^{-j120}\text{В}$., представлены на рис.3.

IDLE Shell 3.12.6					IDLE Shell 3.12.6				
File	Edit	Shell	Debug	Options	Window	Help	File	Edit	Shell
Initial configuration: [0, 1, 2, 0, 1, 2, 0, 1, 2, 0]					Resistors voltage:				
Lost for initial configuration: 124.57012706482769					-----				
Initial configuration details:					54.4151 54.4151 54.4151 2.31487e-15				
Resistors current:					39.1439 39.1439 39.1439 1.42817e-15				
-----					30.8716 30.8716 30.8716 2.23883e-15				
173.396	173.394	173.395	0		24.3431 24.3431 24.3431 7.43867e-16				
136.761	136.762	136.759	0		19.1878 19.1878 19.1878 1.03457e-15				
107.858	107.863	107.861	0		15.1124 15.1124 15.1124 1.27265e-15				
85.056	85.0552	85.0472	0		11.885 11.885 11.885 1.32245e-15				
67.0437	67.0386	67.0422	0		9.32169 9.32169 9.32169 8.64413e-16				
52.8048	52.804	52.8026	0		7.27618 7.27618 7.27618 1.75318e-15				
41.522	41.5215	41.5195	0		5.63185 5.63185 5.63185 1.78967e-15				
32.5653	32.5668	32.5641	0		4.29518 4.29518 4.29518 1.45062e-15				
25.4202	25.4221	25.4214	0		3.19067 3.19067 3.19067 2.47204e-15				
19.6799	19.6754	19.6832	0		2.25666 2.25666 2.25666 1.39382e-15				
15.0105	15.0126	15.0078	0		1.44192 1.44192 1.44192 1.78061e-15				
11.1487	11.1502	11.1514	0		0.702682 0.702682 0.702682 1.67784e-15				
7.88006	7.8827	7.87869	0		-----				
5.0412	5.03913	5.03867	0		Consumers voltage:				
2.45165	2.45589	2.45815	0		-----				
Consumers current:					177.789 177.789 177.789				
-----					140.211 140.211 140.211				
38.1121	38.1138	38.1141			110.588 110.588 110.588				
30.0528	30.0539	30.0528			87.248 87.248 87.248				
23.7059	23.705	23.7119			68.8734 68.8734 68.8734				
18.7041	18.7084	18.7071			54.4289 54.4289 54.4289				
14.7647	14.7687	14.7663			43.1025 43.1025 43.1025				
11.6664	11.674	11.6648			34.2582 34.2582 34.2582				
9.23957	9.24556	9.24005			27.4001 27.4001 27.4001				
7.3395	7.34178	7.33989			22.1426 22.1426 22.1426				
5.8794	5.87527	5.87929			18.1865 18.1865 18.1865				
4.74605	4.75346	4.75147			15.2995 15.2995 15.2995				
3.90083	3.90232	3.89595			13.3007 13.3007 13.3007				
3.27452	3.28402	3.28006			12.051 12.051 12.051				
2.85344	2.84861	2.85335			11.4523 11.4523 11.4523				
2.58008	2.58861	2.58631			-----				
2.45165	2.45589	2.45815							

Рис.3. Результаты, выдаваемые программой

Анализ полученных выходных данных показывает, что при симметричной нагрузке узлов значения фазных напряжений узлов получаются одинаковыми, а значения токов в нулевом проводе практически равны нулю, что подтверждает достоверность полученных результатов.

Источники

1. Маклецов А.М., Лыу К.К., Максимов В.В., Воркунов, О.В., Куракина О.Е. Оптимизация рабочих режимов электрических сетей 0,4 кВ // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2024. №5. С. 367–374.
2. Лыу Куок Кыонг. Повышение эффективности работы электрических сетей 0,4 КВ за счет симметрирования фазных нагрузок: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Казань, 2024.
3. Феоктистов, Д. И. Применение технологии смарт-контрактов блокчейн в области энергетики / Д. И. Феоктистов, О. В. Воркунов // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. – 2022. – № 6. – С. 48–50.

ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Вахитова М. И., Воркунов О. В.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
rita110824@yandex.ru, vorcunov_oleg@mail.ru

В тезисе предложены основные стратегии управления напряжением и их анализ. Подробный обзор методов, их преимущества и недостатки предоставляют возможность выбора оптимального подхода к управлению напряжением

Ключевые слова: напряжение, электроэнергетическая система, реактивная мощность, коэффициент статической устойчивости, шунтирующие реакторы, энергоэффективность.

Важность электрической энергии в повседневной жизни неоспорима. Основопологающим аспектом для специалистов и конечных пользователей является поддержание уровня напряжения в электросети. Рассмотрим основные стратегии управления напряжением и их анализ. Подробный обзор методов, их преимущества и недостатки предоставляют возможность выбора оптимального подхода к управлению напряжением. Ключевым параметром (далее КП) является напряжение на основных узлах электроэнергетической системы. Необходимо помнить, что частота тока связана с активной мощностью, а напряжение – с реактивной. Распределение реактивной мощности должно быть локализованным. Изменения в напряжении являются основой для регулирования и компенсации энергетических потоков [1].

В энергосистемах ключевым фактором является определение допустимого уровня повышенного напряжения, который зависит от наибольшего рабочего напряжения. ГОСТ содержит таблицу с номинальными и наибольшими рабочими напряжениями для электроэнергетических систем, а также устанавливает требования к допустимым повышениям напряжения для различных сетей. Напряжение в электрических сетях должно повышаться в зависимости от их номинального напряжения. Для сетей с напряжением 500 кВ и 750 кВ допускаются длительные повышения напряжения до 8 часов, в то время как для сетей с напряжением 110–330 кВ нормируются повышенные уровни напряжения длительностью 20 минут и менее [2].

Для поддержания уровней напряжения в электроэнергетике важно регулирование напряжения. Ключевую роль в этом процессе играет генерирующее оборудование, которое изменяет реактивную мощность. Важно учитывать возможные негативные последствия для оборудования. Принципы КП, утверждение графиков напряжения и методы расчетов электроэнергетических режимов формируются на месяц и передаются диспетчерским центром. Изменения в схемно–режимной ситуации могут привести к корректировке графика напряжения в КП диспетчерским центром [3].

Для эффективного управления напряжением в электрической сети необходимо учитывать распределение генерирующих объектов по территории. Данные о генераторах помогают диспетчерам определить управляемые объекты, что важно для поддержания стабильности работы системы. Шунтирующие реакторы играют ключевую роль в регулировании напряжения, обеспечивая необходимую реактивную мощность. Асинхронные генераторы с двумя обмотками возбуждения позволяют эффективно управлять возбуждением и повысить устойчивость системы. Тепловые испытания определяют работу генератора в режиме недовозбуждения, что является важным аспектом для обеспечения надежности энергосистемы [4].

Плавное регулирование напряжения достигается с помощью управляемых шунтирующих реакторов, которые изменяют реактивную мощность через тиристорные блоки. Шунтирующие реакторы стабилизируют напряжение, но требуют операций с оборудованием. Увеличение реактивной мощности снижает напряжение, а увеличение напряжения увеличивает потребляемую реактивную мощность шунтирующего реактора. Неуправляемый шунтирующий реактор регулируется выключателем и требует отключения оборудования при подключении к электрической сети. Реактивная мощность зависит от проводимости и напряжения [5].

Инерционность приводит к увеличению потерь активной мощности и замедлению скорости изменения реактивной мощности при подмагничивании в УШР. Батареи статических конденсаторов, компенсирующие реактивную мощность, обеспечивают стабильное напряжение и повышают эффективность сети. Однако, их дискретное регулирование напряжения сопровождается отрицательным эффектом и нестабильностью при изменении напряжения. Важно помнить, что подмагничивание может вызвать насыщение стрежней магнитопровода и увеличить сопротивление магнитному потоку.

Система стабилизации напряжения в электрических сетях обеспечивает оптимальные характеристики динамики, что позволяет поддерживать номинальную реактивную мощность при пониженном уровне напряжения. Регулирование коэффициента трансформации трансформаторов с помощью РПН или ПБВ является ключевым фактором в этом процессе. Изменение коэффициента трансформации может привести к проблемам с напряжением и реактивной мощностью в сети, что требует особой защиты и может привести к потере активной мощности. Важность нормативного коэффициента запаса по статической устойчивости напряжения неопределима для энергосистем.

Источники

1. Сабиров, Р. Р. Регулирование напряжения в электрических сетях среднего напряжения / Р. Р. Сабиров, О. В. Воркунов // Технологический суверенитет и цифровая трансформация: Международная научно-техническая конференция. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2024. – С. 211–214.
2. Правила технологического функционирования электроэнергетических систем. Утверждены Постановлением Правительства Российской Федерации от 13.08.2018 г. № 937. Электронный ресурс [URL]: <https://base.garant.ru/72015900/?ysclid=m2p3texfi3181364291>
3. Требования к участию генерирующего оборудования в общем первичном регулировании частоты. Утверждены приказом Минэнерго России от 09.01.2019 г. № 2. Электронный ресурс [URL]: <https://www.soups.ru/fileadmin/files/laws/orders/pr2-090119me.pdf>
4. ГОСТ Р 55890–2013. «Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Оперативно-диспетчерское управление. Регулирование частоты и потоков активной мощности. Нормы и требования»
5. М. А. Берковича, А. Н. Комарова, С. А. Совалова и др. Автоматизация регулирования частоты и потоков активной мощности в Единой энергетической системе СССР // Электричество. – 1977. – №8. – С. 11–18.

УЧЕТ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРОВОДНИКОВ ПРИ РАСЧЕТЕ ТОКОВ УСТАНОВИВШЕГОСЯ АВАРИЙНОГО РЕЖИМА ДВУХЦЕПНОЙ ВЛ 110 КВ

Ведерников А.С.¹, Шевченко А.А.²

¹ФГБОУ ВО «СамГТУ», г. Самара, Россия

²Филиал ПАО «Россети Волга»–«Самарские РС», г. Самара, Россия

vedernikov.as@samgtu.ru, andrey@a-shevchenko.ru

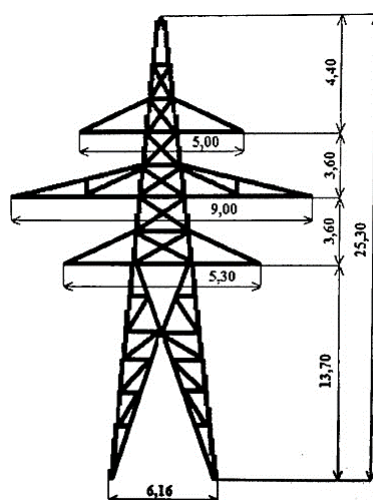
В тезисе рассматривается вопрос определения токов установившихся аварийных режимов в двухцепной воздушной линии электропередач (ВЛ) напряжением 110 кВ. В работе показаны результаты определения расчетным путем токов установившихся аварийных режимов с использованием метода фазных координат совместно с методом симметричных составляющих. Авторами взяты показания с регистраторов аварийных событий на ВЛ 110 кВ, где происходило повреждение, проведен расчет токов установившегося аварийного режима, и сделаны выводы об адекватности модели, созданной авторами статьи на основе метода фазных координат и метода симметричных составляющих.

Ключевые слова: метод фазных координат, метод симметричных составляющих, двухцепная ЛЭП, электромагнитное взаимодействие, установившийся аварийный режим.

Основной проблемой отыскания токов КЗ при аварийном режиме работы двухцепной ВЛ является взаимодействие проводников фаз друг с другом посредством электромагнитных полей, вызывающих токи и напряжения «наброса». Такими исследователями как Berman A., Laughton M., Гольдштейн В.Г. определено и научно доказано, что метод фазных координат является наиболее верным методом определения параметров нормальных режимов многоцепных (в том числе двухцепных) ЛЭП с учетом электромагнитного взаимодействия проводников [1, 2, 3]. Согласно геометрическому расположению относительно друг друга проводники ВЛ подвергаются неравномерному воздействию электрических и магнитных полей, которые сами же и индуцируют, в связи с этим в нормальном режиме токи и напряжения по фазам имеют неодинаковые значения.

Такое явление неравномерного распределения параметров по фазам двухцепных ВЛ ставит острую проблему определения параметров

аварийных режимов работы, так как величина токов в поврежденных фазах резко возрастает в несколько десятков или сотен раз, что по закону электромагнитной индукции способствует образованию вокруг поврежденных фаз электрических и магнитных полей большей напряженности. Распределение трудно учесть при проведении расчетов, однако в основу метода фазных координат заложен принцип геометрического расположения проводников относительно друг друга, что позволяет учесть влияние электромагнитных полей. Самым распространенным методом расчета токов короткого замыкания является метод симметричных составляющих, который позволяет учесть прямую, обратную и нулевую последовательности, при этом с возможностью проведения расчетов для всех видов КЗ. При объединении данных методов можно определить токи короткого замыкания в поврежденных фазах и токи, протекающие при этом в неповрежденных, что дает нам полную картину распределения токов аварийных режимов [4, 5].



Геометрические характеристики опор ВЛ 110 кВ

Таблица 1.

Токи установившегося аварийного режима, взятые с осциллограмм и рассчитанные методикой, объединяющей метод фазных координат и метод симметричных составляющих

	Фаза	Фактический ток установившегося аварийного режима	Расчетный ток установившегося аварийного режима
I цепь	A	454 A	438 A
	B	519 A	540 A
	C	6579 A	6807 A
II цепь	A	459 A	438 A
	B	558 A	499 A
	C	3695 A	3439 A

В таблице 1 представлены значения токов установившегося аварийного режима, взятые с регистратора аварийных событий, во время реального повреждения фазы «С» I цепи, и расчетные токи, полученные при вычислении методикой, объединяющей метод фазных координат и метод симметричных составляющих.

При сравнении величин представленных в таблице 1 можно сделать вывод о том, что погрешность расчетных значений относительно фактических колеблется от 3 до 10 %. Картина распределения токов по фазам идентична. Погрешность трансформаторов тока, к которым подключен регистратор аварийных событий составляет 10 %, что показывает на адекватность данных, полученных расчетным путем.

Данная методика определения токов установившихся аварийных режимов в дальнейшем поспособствует более тщательному изучению процессов, протекающих в многоцепных ЛЭП различной конструкции, таких как шестицепная ВЛ, расположенная в Германии, которая имеет 2 цепи по 110 кВ, 2 цепи по 220 кВ и 2 цепи по 500 кВ.

Источники

1. Гольдштейн В.Г., Шишков Е.М. Ведерников А.С., Методика расчёта установившихся режимов многоцепных воздушных линий электропередачи. //Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – Новосибирск, 2012. – №1. – С. 400–403
2. Berman A., Xu W. Analysis of faulted power systems by phase coordinates //Power Delivery, IEEE Transactions on. – 1998. – Т. 13. – №. 2. – С. 587–595.
3. Laughton M. A. Analysis of unbalanced polyphase networks by the method of phase coordinates. Part 1. System representation in phase frame of reference // Proc. IEEE, 1968. – v. 115. – № 8. – PP. 1163–1172.
4. Ведерников А.С., Ведерникова Е.С., Шишков Е.М. Метод фазных координат в расчётах установившихся режимов двухцепных ЛЭП. // Радиотехника, электротехника и энергетика: Тез. докл. 17-ой междунар. науч. – техн. конф. студентов и аспирантов. М.: Изд. дом МЭИ, 2011. Т. 3. – С. 312 – 314.
5. Шевченко А.А., Ведерников А.А. Определение параметров установившихся аварийных режимов многоцепных ЛЭП с учетом электромагнитного влияния проводников. // Энергетика будущего – цифровая трансформация. Сборник трудов всероссийской научно–практической конференции. 14 – 15 декабря. – Липецк: Изд-во Липецкого государственного технического университета, 2023. – С. 135–138.

АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Габитов Б.Ф.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г.Казань

gabitov.b@bk.ru

Науч. рук. ст. преп. Гиззатова И.Д.

В тезисе автор говорит о значении электрических сетей в современном мире. Рассказывает о математическом моделировании электрических сетей. Проводит анализ статической и динамической устойчивости. А также изучает контроль устойчивости режимов электрических сетей.

Ключевые слова: электрические сети, устойчивость, электричество, промышленные предприятия, автоматическое управление.

Электричество играет ключевую роль в повседневной жизни людей, обеспечивая освещение, отопление, работу бытовых приборов и устройств, а также поддерживает функционирование промышленных предприятий. Электрические сети также необходимы для передачи информации и обеспечения связи через интернет и другие коммуникационные системы. В сущности, они являются фундаментальной основой для экономического развития и повсеместного комфорта в нашем современном обществе.

Математическое моделирование электрических сетей – это мощный инструмент для анализа и оптимизации работы электрических систем. Моделирование позволяет исследовать поведение сети в различных режимах, от нормального функционирования до аварийных ситуаций, и предсказывать возможные последствия различных воздействий.

Математические модели электрических сетей основаны на уравнениях, описывающих электрические процессы в сети. Эти уравнения учитывают параметры элементов сети, такие как сопротивление, индуктивность и емкость, а также взаимодействие между ними. Модели могут быть линейными или нелинейными, в зависимости от сложности системы и требуемой точности результатов [1].

Одной из основных задач математического моделирования электрических сетей является расчет режима работы сети. Это включает в себя определение напряжения, тока и мощности в различных точках сети, а также анализ потерь энергии и тепловых нагрузок на элементы сети.

Моделирование также позволяет исследовать поведение сети в аварийных ситуациях, таких как короткие замыкания или отказ элементов. Это помогает разработать эффективные меры по предотвращению и ликвидации аварий, а также оптимизировать работу сети в нормальном режиме.

Математическое моделирование электрических сетей имеет широкие применения в различных областях, включая проектирование и эксплуатацию электростанций, распределительных сетей и потребительских систем. Оно также используется в исследованиях и разработке новых технологий, таких как системы умного электропитания и электромобили.

Математическое моделирование электрических сетей – это мощный инструмент для анализа и оптимизации работы электрических систем, который позволяет улучшить надежность, эффективность и безопасность электропитания.

Анализ статической и динамической устойчивости – это важный аспект исследования электрических систем. Устойчивость системы определяет ее способность сохранять равновесие и функционировать в нормальном режиме при изменении внешних условий или внутренних параметров [2].

Статическая устойчивость оценивается по способности системы сохранять равновесие при медленных изменениях параметров или внешних воздействий. Анализ статической устойчивости включает в себя расчет критериев устойчивости, таких как коэффициент устойчивости и угол устойчивости.

Динамическая устойчивость оценивается по способности системы сохранять равновесие при быстрых изменениях параметров или внешних воздействий. Анализ динамической устойчивости включает в себя исследование переходных процессов в системе, которые возникают при изменении параметров или внешних воздействий.

Анализ статической и динамической устойчивости имеет важное практическое значение, поскольку позволяет предсказать поведение системы при различных режимах работы и выявить потенциальные проблемы устойчивости. Результаты анализа используются для оптимизации параметров системы и разработки стратегий по поддержанию устойчивости и предотвращению неустойчивости [3].

Контроль устойчивости режимов электрических сетей – это важная задача в обеспечении надежности и безопасности электропитания. Устойчивость режимов электрических сетей определяет способность

системы сохранять равновесие и функционировать в нормальном режиме при изменении внешних условий или внутренних параметров.

Контроль устойчивости режимов электрических сетей включает в себя мониторинг параметров сети, такие как напряжение, ток и мощность, а также анализ статической и динамической устойчивости. Это позволяет выявить потенциальные проблемы устойчивости и предпринять меры по их предотвращению [4].

Одним из важных инструментов контроля устойчивости режимов электрических сетей является система автоматического управления, которая позволяет быстро реагировать на изменения в сети и предпринимать корректирующие действия. Кроме того, используются различные алгоритмы и модели, которые позволяют предсказать поведение сети в различных режимах работы и оптимизировать ее параметры для обеспечения устойчивости.

Контроль устойчивости режимов электрических сетей имеет важное практическое значение, поскольку позволяет предотвратить аварии и обеспечить надежное электропитание потребителей.

Анализ устойчивости в электрических сетях с распределенной генерацией отличается от традиционных сетей. Варьируемость и неопределенность источников, таких как солнечная и ветровая энергия, создают сложности в прогнозировании поведения системы. Децентрализованная природа распределенной генерации требует учета влияния отдельных генераторов на общую устойчивость системы. Анализ должен учитывать взаимодействие между распределительной и передачей электроэнергии, а также влияние на качество электроэнергии. Специализированные инструменты и методы необходимы для обеспечения надежности и устойчивости электрической системы [5, 6].

Результаты планирования и управления энергосистемой играют ключевую роль в обеспечении надежности и эффективности электрических сетей. Они позволяют определить оптимальные режимы работы генерирующих мощностей, электрических и тепловых сетей, а также планировать ремонтные работы и предупреждать аварии. Анализ результатов планирования помогает в определении максимально и аварийно допустимых значений перетоков мощности, что является критически важным для предотвращения перегрузок и сбоев в системе.

В перспективе, методы анализа устойчивости электрических сетей будут развиваться в направлении учета вероятностных показателей надежности, таких как SAIDI (средний индекс длительности отключения), и представления ожидаемых значений показателей надежности. Это

позволит улучшить стратегическое планирование и управление энергосистемой, обеспечивая более высокую надежность и эффективность электроснабжения.

Также, планирование энергосистем будет включать в себя разработку и обеспечение стратегического развития проектов по реконструкции, расширению или модификации в системе электроснабжения, что будет связано со всеми фазами жизненного цикла таких проектов. Результаты планирования и управления энергосистемой будут играть все более важную роль в обеспечении стабильности и эффективности электрических сетей.

Источники

1. Идельчик В. И. Электрические системы и сети: Учебник для вузов, – М.: Энергоатомиздат, 202». – 592 с.
2. Лыкин А.В. Электрические системы и сети: Учеб. Пособие. – М: Университетская книга; Логос, 2021. – 254с.
3. Афонин В.В. Электрические системы и сети. Часть 1: учебное пособие / В.В. Афонин, К.А. Набатов. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2023. – 80 с.
4. Афонин В. В. Электрические системы и сети : учебное пособие : в 2 ч. / В. В. Афонин, К. А. Набатов. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2022. – Ч. 2. – 128 с.
5. Ишелев И. Ю. Анализ проблем надежности систем электроснабжения / И. Ю. Ишелев // XXV Всероссийский аспирантско–магистерский научный семинар, посвященный Дню энергетика : Материалы конференции. Том 1. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. – С. 101–104.
6. Электрические системы и сети в примерах и иллюстрациях: Учеб. Пособие для электроэнерг. спец./ В. В. Ежков, Г. К. Зарудский, Э.Н. Зуев и др.; Под. ред. В. А. Строева – М.: Высш. Шк., 2021 – 352 с.

РАЗЛОЖЕНИЕ СИГНАЛОВ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА НА ГАРМОНИЧЕСКИЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ

Гизатулина И.И.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

irkagalieva2001@mail.ru

Науч. рук. доц. Хузяшев Р.Г.

В тезисе представлены осциллограммы, регистрируемые комплексом волнового определения места повреждения. Для фильтрации сигналов предложено применение цифрового фильтра Фурье.

Ключевые слова: сигнал переходного процесса, волновое определение места повреждения, однофазное замыкание на землю, высшие гармоники, фильтр Фурье.

Для регистрации сигналов переходного процесса (СПП) в сетях среднего класса напряжения используется комплекс волнового определения места повреждения (ВОМП). Зарегистрированные осциллограммы состоят из двух частей: сигнал промышленной частоты и высшие гармоники. Анализ сигналов промышленной частоты позволяет определить тип повреждения. При возникновении аварии срабатывает релейная защита и отключается линия напряжения, следовательно, сигнал промышленной частоты будет отсутствовать. При однофазном замыкании на землю (ОЗЗ) появляется напряжение нулевой последовательности, которого в нормальном режиме нет.

Следовательно, авария может быть успешно ликвидирована при срабатывании релейной защиты, или, например, при восстановлении напряжения с помощью автоматического повторного включения (АПВ). При ОЗЗ релейная защита не срабатывает, а появление напряжения нулевой последовательности позволяет классифицировать данный тип повреждения.

На рис. 1 представлен пример осциллограммы, зарегистрированной комплексом ВОМП.

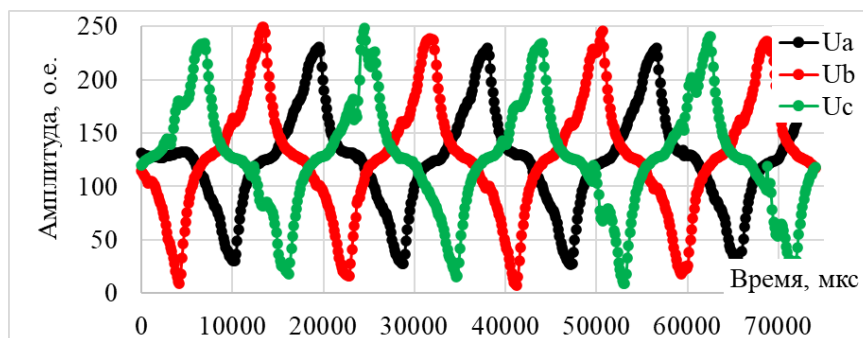


Рис. 1. Осциллограмма, зарегистрированная комплексом ВОМП

Приведем идеальную единичную синусоиду для сравнения с зарегистрированными сигналами (рис. 2).

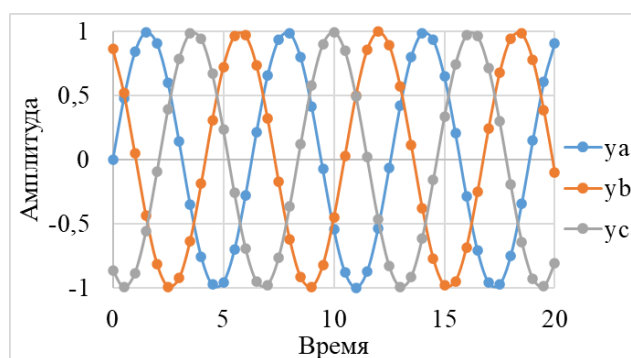


Рис. 2. Единичная синусоида

Следовательно, осциллограмма, регистрируемая датчиком, искажена высшими гармониками, то есть сильно отличается от идеальной синусоиды. Поэтому для дальнейшего исследования информативности сигнала необходимо разделить его на две части: сигнал промышленной частоты и высшей гармоники, и анализировать их изменение в течение суток или от аварии к аварии. Квадратурная обработка сигналов, основанная на дискретном преобразовании Фурье, позволяет разложить зарегистрированные сигналы [1–5].

Функция квадратурного фильтра – это функция синфазного фильтра с применённым фазовым сдвигом на 90 градусов. Для получения этого фазового сдвига функция синфазного фильтра умножается на i , что делает её чисто мнимой.

Рассмотрим алгоритм работы квадратурного фильтра. Сначала вычисляются коэффициенты цифрового фильтра на интервале одного периода. Эти коэффициенты умножаются на мгновенные амплитуды исследуемого сигнала. По выходным сигналам синусного и косинусного фильтров вычисляется корень из суммы их квадратов для нахождения

амплитуды сигнала. Аргумент сигнала на выходе фильтра вычисляется как арктангенс отношения синусного и косинусного фильтров.

Рассмотрим применение цифрового фильтра Фурье на примере зарегистрированной осциллограммы (рис. 3).

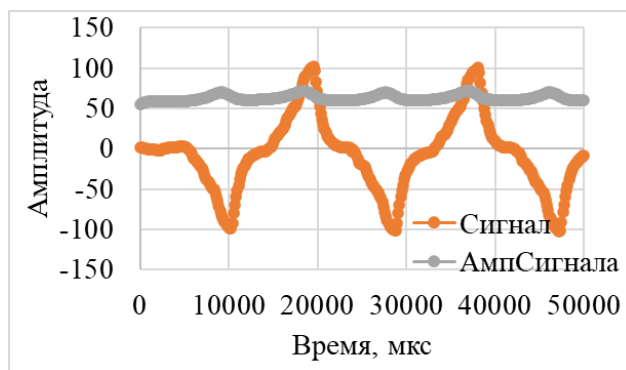


Рис. 3. Применение цифрового фильтра

Таким образом, на выходе фильтра присутствуют гармоники сигнала промышленной частоты. Это обусловлено тем, что исходный сигнал отличается от синусоидального и имеет составляющую в виде разности исследуемого сигнала и идеальной синусоиды. Для дальнейшего исследования в качестве приближения указанной составляющей предполагается использование импульсного сигнала, который состоит из двух разнополярных импульсов.

Источники

1. Гутников В.С. Фильтрация измерительных сигналов. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1990. – 192 с.
2. Овсянников В.А. Методы формирования и цифровой обработки сигналов: учеб.–метод. пособие. В 2 ч. Ч. 2: Дискретное преобразование Фурье, фильтрация и модуляция. – Минск: БГУИР, 2010. – 136 с.
3. Одинец А.И., Гребенников А. И., Миронов С. Г. Цифровая обработка сигналов: учеб. пособие. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2003. – 64 с.
4. Легаев В.П. Преобразование измерительных сигналов: учеб. пособие – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2019. – 151 с.
5. Сараджишвили С.Э. Системы обработки многомерной дискретной информации: учеб. пособие – 2011. – 198 с.

ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА СХЕМ ВЫДАЧИ МОЩНОСТИ ГАЗО–ПОРШНЕВЫХ МИНИ–ТЭС

Гиниатуллин Б.И., Галиев Р.И., Гарифуллин М.Ш.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

giniatullin63@gmail.com

Распределенная генерация (РГ) широко внедряется в структуру распределительных сетей (РС), привнося в схемы выдачи мощности (СВМ) новые инновационные установки и устройства, приводит к перераспределению потоков электроэнергии (ЭЭ) в РС. Это обуславливает необходимость: формирования методик выбора комплекса оборудования (КО), оптимизацию режимов прилегающей распределительной сети (РС), изменение условий ее деления (кольцевания), дополнительной проверки коммутационной способности аппаратуры и построение эффективной схемы мини–ТЭЦ.

Ключевые слова: графики нагрузок, распределённая генерация, газо–поршневые установки, схема выдачи мощности, накопители электроэнергии, КО, мини ТЭЦ, когенерация

Применение установок РГ в комплексе с накопителями энергии (НЭЭ) позволит не только существенно повысить эффективность использования генерирующего оборудования мини–ТЭС, но и приведет к выравниванию суточных графиков нагрузок участков РС, снижению нагрузочных потерь [1].

Цель нашего исследования состоит в изучении материалов современных производителей энергоустановок для мини–ТЭС и разработке принципов формирования высокоэффективного комплекса оборудования и СВМ мини–ТЭС с выбором НЭЭ под конкретного потребителя с учетом графиков суточного и сезонного теплового и электрического потребления.

В работе поставлены следующие задачи:

1. Обзор отечественного и зарубежного опыта проектирования и внедрения установок газо–поршневых установок (ГПУ) мини–ТЭС.
2. Анализ суточных графиков нагрузок конкретных потребителей для выбора числа, единичной мощности и конструктивного исполнения генерирующих установок разных производителей, рис.1.

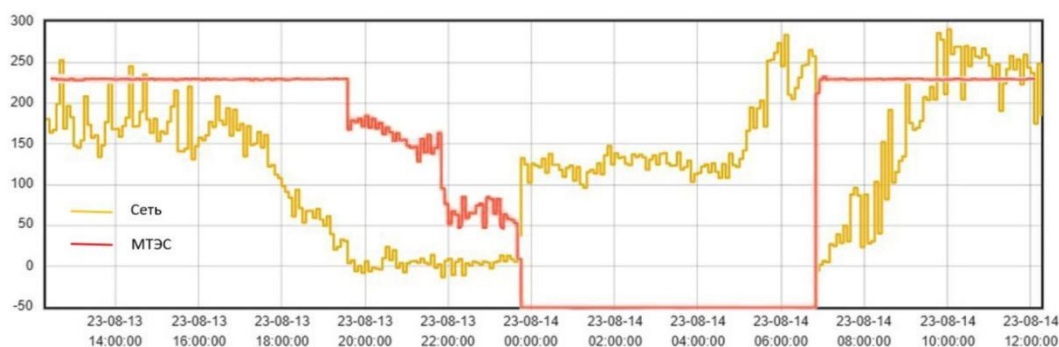


Рис.1. Суточный график потребления от сети (желтый) и генерации(красный).

3. Разработать методику выбора КО СВМ газо–двигательных мини–ТЭС, включая тип, структуру и единичную мощность НЭЭ по критерию эффективности капиталовложений на единицу мощности.

4. Произвести анализ качественных характеристик установок мини–ТЭС различных производителей, изучение практических проектных решений для объектов с ГПУ, а также опыт внедрения и эксплуатации этих систем.

5. Произвести комплексный анализ показателей надежности и эффективности мероприятий на участках РС с учетом подключенных установок когенерации и НЭЭ.

Анализируя график нагрузок потребления, можно сделать вывод, что генерирующая установка подобрана неоптимально, так как простаивает 6 часов в сутки и работает не на номинальной мощности в течение 4 часов. Более эффективным решением будет установка трёх ГПУ по 150 кВт (125 кВт оптимальная нагрузка) и системы НЭЭ. Это позволит полностью исключить потребление ЭЭ из сети и ликвидировать ночной простой оборудования за счёт использования накопителей. Ночью часть мощности ГПУ будет накапливаться, а другая часть работать на потребление. В дневное время, в периоды пиковых нагрузок, НЭЭ смогут перекрыть излишнюю мощность нагрузки.

Для выбора мощности ГПУ проанализируем график мощностей и сформируем таблицу среднесуточной нагрузки:

Таблица 1. График среднесуточной нагрузки.

	12:00-20:00	20:00-7:00	7:00-12:00
количество часов ч	8	11	5
средняя нагрузка кВт	~460	~125	~460

Из нее видно, что преимущественно нагрузка составляет 460 кВт, однако значительную часть времени объект потребляет 125 кВт. Опираясь

на меньшую потребляемую мощность, выберем ГПУ стандартной мощности 150 кВт в количестве трёх штук. По разработанной модели произведём расчёт окупаемости установок:

Рис.2.

стоимость газа за 1 м3: 7 руб	Стоимость за 1 кВт/ч: 2,50 руб.
Стоимость электроэнергии за 1 кВт: 6 руб	Затраты в месяц без ГПУ: 1 544 400 руб.
Кол-во кВт выработанных в месяц: 72000	Затраты при использовании ГПУ в месяц: 644 748 руб.
	Экономия в месяц: 899 652 руб.
<u>Топливо (газ), на 1 станцию</u>	Срок окупаемости ГПУ 8,1 месяцев
Расход, м3 /ч: 39	Стоимость одной установки: 7 335 000 руб.
Потребление газа м3 в мес: 28080	
Итого затраты в месяц 196 560 руб.	
<u>Ежемесячное обслуживание, на 1 станцию:</u>	
Комплект свечей: 6 000 руб.	
Комплект фильтров: 4 000 руб.	
<u>Масло</u>	
Объем масла (10W40) используемой станцией в работе: 23 литров	
В среднем периодичность замены масла 1	
Долив масла: 0.06 л/мес	
Средняя стоимость 1 литра масла: 100 руб.	
Стоимость масла: 2 306 руб.	
Итого обслуживание в месяц: 12 306 руб.	

Рис.2. Окупаемость установки DOOSAN 3x150 кВт.

Из анализа данных видно, что единичная мощность установки подобрана правильно. ГПУ для нормальной работы должна выдавать 85–90% от номинала, таким образом, три установки могут обеспечить 405 кВт. Однако объект потребляет нагрузку и выше. Для решения этой задачи будем использовать электрические накопители, для которых также необходимо разработать методику подбора, используя график нагрузки.

В альтернативном случае использования двух установок по 300 кВт (250 кВт оптимальная нагрузка) мы сталкиваемся с простым оборудованием продолжительностью 11 часов. Тем не менее, в этом случае можно использовать менее мощные электрические НЭЭ, так как ГПУ полностью перекрывают потребление. Капиталовложения в данном случае будут меньше, однако использование установок 2x300 кВт не является выгодным, и окупаемость будет более долгая, чем у установок 3x150 кВт.

Результатом работы будет авторская методика формирования КО и адекватная модель СВМ мини-ТЭС, которая позволит программными средствами моделировать режимы прилегающей сети и реальных фидеров в локации подключения генерирующих и накопительных установок; производить оценку эффективности комплекса проводимых мероприятий, с учетом мест подключения секционирующей аппаратуры.

Источники

1. М.С. Волкова "Особенности схем выдачи мощности объектов распределенной генерации", рубрика "Распределенная генерация", журнал «Энергоэксперт» № 5, 2015 г. – С. 4.
2. Методика ранжирования эффективности мероприятий по реконструкции и модернизации участков распределительной сети / Ш. Р. Яхин, И. Ф. Галиев, А. Р. Гизатуллин, А. М. Маклецов // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике: Материалы XVII Всероссийской открытой молодежной научно–практической конференции, Казань, 20–22 октября 2022 года / Редколлегия: А.Г. Арзамасова (отв. редактор). – Казань: ООО "Издательство Фолиант", 2022. – С. 370–373.
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 International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon), Magnitogorsk, Russian Federation, 2022, pp. 445–452, doi: 10.1109/UralCon54942.2022.9906627.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИНИМАЛЬНО И АВАРИЙНО ДОПУСТИМОГО НАПРЯЖЕНИЯ В КОНТРОЛЬНОМ ПУНКТЕ

Голдесов Д.Н.

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ», г. Смоленск, Россия

danimanish@yandex.ru

Науч. рук. ст. преп. Назаров А.А.

В тезисе представлена разработка алгоритма определения минимально и аварийно допустимого напряжения в контрольном пункте которая сосредоточена на оптимизации процессов управления энергосистемами, обеспечивая необходимый уровень напряжения и соблюдения статической устойчивости по напряжению в узлах нагрузки.

Ключевые слова: минимально допустимое напряжения, аварийно допустимое напряжения, контрольный пункт.

График напряжения и значения МДН и АДН в КП могут корректироваться при значительном изменении уровней напряжения вследствие незапланированных схемно–режимных ситуаций [3]. При этом от сетевых организаций требуется принятия мер, направленных на поддержания напряжения в допустимых пределах для потребителей электроэнергии в распределительных сетях 35 кВ и ниже. По ряду причин сетевая организация чаще всего не может оперативно отреагировать на изменение графика напряжения в КП, среди них:

- высокая протяжённость распределительных сетей;
- отсутствие возможности дистанционного перевода РПН (за редкими исключениями);
- малое количество доступных положений РПН и общий высокий уровень износа трансформаторного оборудования.

Задание МДН и АДП в КП необходимо с целью опрвления допустимости послеаварийных режимов в энергосистеме и обеспечения статической устойчивости узлов нагрузки. При снижении напряжения ниже нижний границе графика в КП диспетчером энергосистемы используются мероприятия по регулированию напряжения, такие как:

- увеличение загрузки по реактивной мощности генерирующего оборудования и средств компенсации реактивной мощности (СКРМ);

- включение находящихся в резерве СКРМ;
- изменение коэффициентов трансформации трансформаторного оборудования, оснащённого устройствами РПН/

А при снижении напряжения ниже МДН дополнительно к вышеуказанным мероприятиям:

- увеличение загрузки генерирующего оборудования и СКРМ по реактивной мощности до уровня разрешённых аварийных перегрузок;
- снижение перетоков активной мощности по ЛЭП;
- разгрузка генерирующего оборудования по активной мощности и дополнительная загрузка по реактивной мощности.

При их недостаточности вводятся в действие графики временного отключения нагрузки потребителей.

Большинство фактических электроэнергетических режимов проще расчетного, поэтому диапазон допустимых уровней напряжения в КП может быть шире заданного.

Таким образом, определение границ допустимого диапазона уровней напряжения в КП в режиме реального времени является актуальной задачей субъекта оперативно–диспетчерского управления [4].

Для энергорайона ЭС были рассчитаны установившиеся электроэнергетические режимы в программном комплексе «RastrWin3».

Для каждого КП была определена его зона влияния, в которой изменение напряжения в КП оказывает наибольшее влияние на напряжения в сети 110 кВ, что обусловлено их взаимной зависимостью.

Критерием для определения МДН и АДН в КП являлось обеспечение МДН и АДН на шинах наиболее удалённых от КП объектов электроэнергетики для режимов минимальных/максимальных нагрузок и фактического режима работы ЭС, определённых на основе телеметрической информации в режиме реального времени [4]. Расчеты приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты расчета МДН и АДН в выбранных КП

№	КП	U в КП, кВ		U в КП, кВ		ПС, где U является критерием для КП (определяющая ПС)
		АДН (технолог)	МДН (технолог)	АДН факт.	МДН факт.	
1.	Шины 110 кВ ПС 220– кВ 5–6	96,99	98,81	92,49	95,3	Узел 18
2.	Шины 110 кВ ПС 220– кВ 4–9	95,1	99,58	90,25	93,58	Узел 16

Анализируя результаты расчетов, представленные в таблице 1, можно отметить, что фактическая граница зоны статической устойчивости нагрузки изменяется в зависимости от режима функционирования ЭС и может быть расширена.

Для КП диспетчерского центра, расположенного на шинах ПС, был предложен алгоритм расчета МДН и АДН в режиме реального времени, представленный на рис. 2.

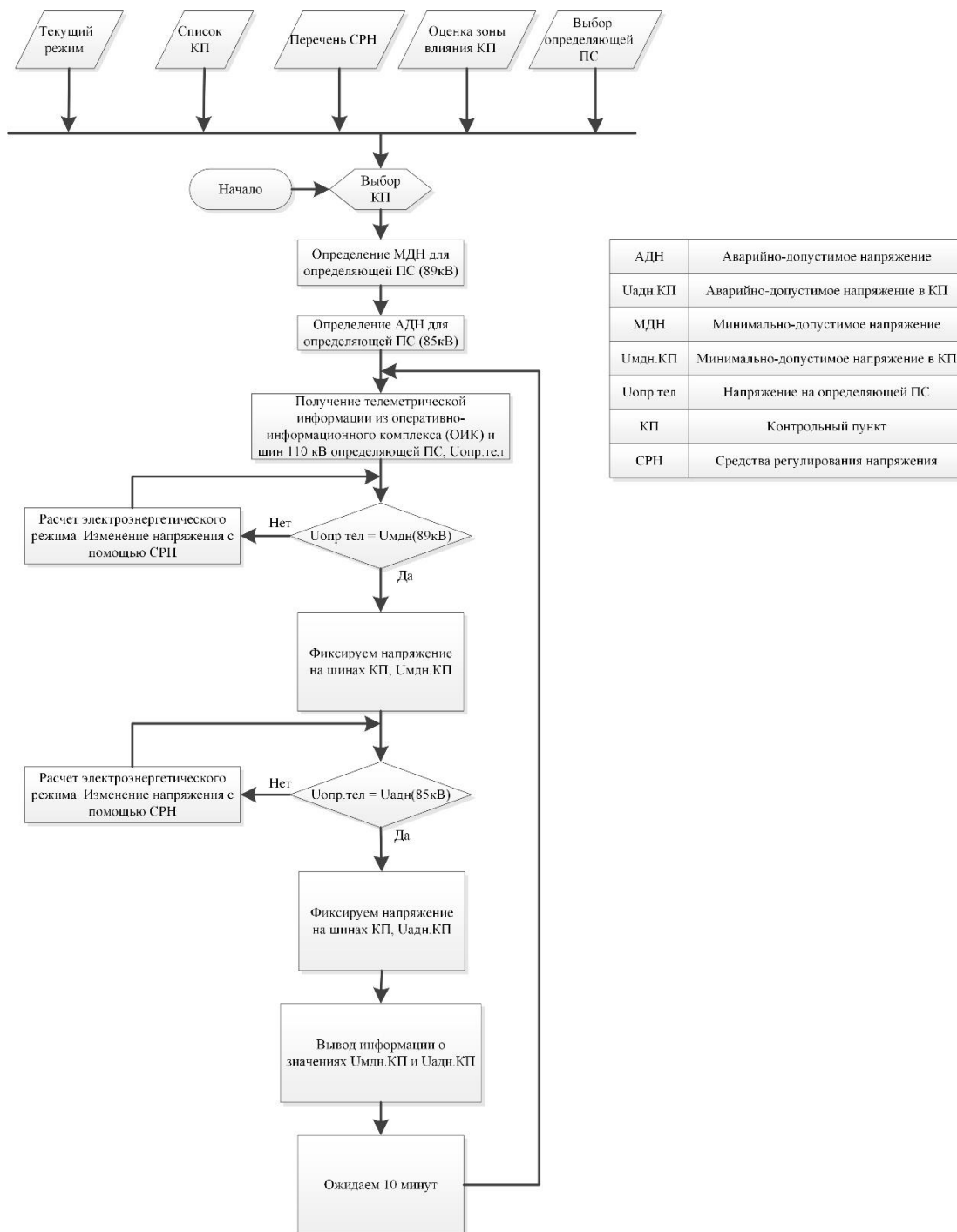


Рис. 1. Алгоритм определения МДН и АДН в КП

Применение алгоритма позволит определять зону статической устойчивости нагрузки в режиме реального времени. Данные значения могут применяться при управлении электроэнергетическими режимами для определения необходимого количества мероприятий по регулированию напряжения и объема графиков временного отключения потребителей в зоне влияния КП при снижении напряжения в нем ниже МДН, а так в противоаварийной автоматике позволяющей дозировать управляющие воздействия на отключение потребителей.

Таким образом, определение зоны статической устойчивости нагрузки в КП диспетчерского центра в режиме реального времени позволит оптимизировать управление электроэнергетическими режимами в части реализуемых воздействий и минимизировать количество отключённых потребителей при обеспечении нормативных требований к устойчивости энергосистемы.

Источники

1. ГОСТ 32144–2013.Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения" (введен в действие Приказом Росстандарта от 22.07.2013 N 400–ст). Постановление Правительства РФ от 27.12.2021 N 2494".

2. Приказ Министерства Энергетики Российской Федерации от 3 августа 2018 года N 630 "Об утверждении требований к обеспечению надежности ЭЭС систем, надежности и безопасности объектов электроэнергетики и энергопринимающих установок".

3. СТО 59012820.27.010.002–2014. Правила разработки графика напряжения в контрольных пунктах диспетчерского центра АО «СО ЕЭС». Утверждён и введён в действие 20.03.2014.

4. Питько, Ю. М. Разработка метода определения нижней границы графика напряжения в контрольных пунктах с использованием Пак «СМЗУ» / Ю. М. Питько, А. Ю. Останин, Д. С. Лоцман // Электроэнергетика глазами молодежи: Материалы XII Международной научно-технической конференции, Нижний Новгород, 16–19 мая 2022 года. Том Часть I. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, 2022. – С. 24-27. – EDN CQESGJ.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ 10/0,4 кВ

Губайдуллин Г.Р., Шайхетдинов Р.Г.

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

mrgumarka7@gmail.com

Науч. рук. доц. Сабитов А.Х.

В данном тезисе рассматривается реконструкция электрической сети 10/0,4 кВ, необходимая для улучшения качества и снижения потерь электроэнергии.

Ключевые слова: электроснабжение, качество электроэнергии, реконструкция электрической сети 10/0,4 кВ.

Увеличение потребляемой мощности, числа потребителей и протяженности распределительных сетей, а также износ электрооборудования, приводят к большим потерям электроэнергии и падениям напряжения. Отклонения параметров электрической сети от номинальных значений ведут к ухудшению работы электроприемников и наносят материальный и финансовый ущерб потребителям [1]. Постепенный физический износ оборудования и конструкций снижает надежность электроснабжения, поэтому необходима их модернизация и техническое переоснащение на современной основе [2].

Электроснабжение населенных пунктов в сельской местности имеет ряд особенностей по сравнению с электроснабжением промышленных предприятий и городов. Главная из них – необходимость подводить электроэнергию к большому количеству сравнительно маломощных объектов, рассредоточенных на значительной территории. В результате протяженность сетей (в расчете на единицу мощности потребителей) во много раз больше, чем в других отраслях [3].

Оптимальный результат для повышения эффективности работы сетей 10/0,4 кВ достигается путем одновременного решения двух задач: контроля напряжения у потребителей в пределах допустимых значений и уменьшения потерь энергии в сети. Однако в определенных случаях, когда акцент делается на снижении минимального напряжения, например, с использованием продольных вольтодобавочных трансформаторов (ВДТ) на линиях 0,4 кВ, без учета увеличения технологических потерь энергии, итоговый эффект может быть негативным.

Помимо необходимости обеспечения допустимых значений отклонений напряжения $\pm 5\%$, согласно ГОСТ 32144–2013 [4], необходимо учитывать влияние ВДТ с различными коэффициентами трансформации на напряжение. При расчетах по параметрам фазных токов и напряжений качество электроэнергии может оказаться минимально допустимому, однако это приведет к увеличению потерь мощности и энергии в сумме трех фаз. Также с экономической точки зрения, рыночная цена ВДТ с необходимой мощностью может в разы превышать стоимость нового провода и работ по его замене.

Эффективность использования силовых трансформаторов зависит не только от их конструктивных особенностей, но и от того, как поддерживаются уровни напряжения в связанных элементах цепи, таких как внешний источник, линии высокого и низкого напряжения, трансформаторы и конечные потребители. Трансформаторы с напряжением 10/0,4 кВ обычно оснащаются устройствами переключения без возбуждения (ПБВ), которые предназначены для поддержания стабильных уровней напряжения при изменениях нагрузки [5]. Однако, во-первых, мало кто фактически использует эти устройства ПБВ на трансформаторах 10/0,4 кВ в течение всего периода их эксплуатации. Во-вторых, в современных распределительных сетях установка таких устройств не всегда оказывает положительное влияние на экономические показатели из-за уже присутствующих недостатков, заложенных еще на этапе проектирования.

Таким образом, наиболее оптимальным решением является реконструкция распределительных сетей 10/0,4 кВ с разукрупнением центров питания и построением разветвленной сети воздушных линий 0,4 кВ с малыми длинами для сетей с фиксированной, распределенной по территории нагрузкой [6].

При проектировании реконструкции системы электроснабжения регулярно решаются задачи выбора оптимального варианта, имеющего наилучшие технические и экономические показатели. К таким задачам относят:

- расчет энергопотребления и анализ существующей системы электроснабжения;
- определение мероприятий по оптимизации сетей;
- проектирование вариантов реконструкции системы электроснабжения;
- расчет технико-экономических показателей;
- выбор оптимальной системы электроснабжения.

При выборе проектного варианта необходимо учитывать как первоначальные инвестиции и производственные затраты, так и эксплуатационные расходы [7].

Оптимальным считается тот вариант, в котором капитальные вложения и производственные издержки минимальны по сравнению с другими. Однако часто варианты сильно отличаются друг от друга: в одних случаях значительны капитальные вложения, а в других — производственные затраты. Поэтому для сравнения необходимо создать равные условия, то есть обеспечить одинаковый объём продукции и её качество. В случае систем электроснабжения это означает равное количество отпускаемой потребителям электроэнергии, которая соответствует ГОСТу, одинаковое качество этой энергии и нормативный уровень надёжности электроснабжения [8, 9, 10].

Результаты падения напряжения до и после реконструкции электрической сети 10/0,4 кВ микрорайона г.Казани, указаны в таблице.1.

Таблица 1

Результаты падения напряжения до и после реконструкции электрической сети
10/0,4 кВ

№ ВЛ	До реконструкции		После реконструкции	
	Напряжение в линии, В	Падение напряжения, %	Напряжение в линии, В	Падение напряжения, %
ВЛ-1	202,80	7,82	209,68	4,69
ВЛ-2	199,98	9,1	209,18	4,92
ВЛ-3	202,62	7,9	210,08	4,51
ВЛ-4	201,08	8,6	209,33	4,85
ВЛ-5	201,04	8,62	211,13	4,03
ВЛ-6	201,27	8,51	210,34	4,39
ВЛ-7	195,76	11,02	210,28	4,42
ВЛ-8	198,42	9,81	209,29	4,87
ВЛ-9	201,87	8,24	210,47	4,33

Таким образом, разукрупнение центров питания и построение непротяженных сетей ЛЭП 0,4 кВ являются наиболее оптимальным решением для реконструкции электрических сетей 10/0,4 кВ.

Источники

1. Бирюлин В.И., Куделина Д.В., Брежнев И.В. Исследование проблем качества электроэнергии в сетях напряжением 0,4 кВ //Вестник КГЭУ. 2022. Т.14 №1. С. 109–121.

2. Фактор надежности при проектировании распределительной сети: [Электронный ресурс]. <https://www.energyret.ru/jour/article/view/1610> (дата обращения: 29.04.24).

3. Лещинская Т.Б., Наумов И.В. Электроснабжение сельского хозяйства // Учебники и учеб. пособия: ИКЦ Колос–с. Москва, 2020. С. 656.
4. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. ГОСТ 32144–2013 [Электронный ресурс]. <https://electromontaj-proekt.ru/data/documents/gost-32144-2013.pdf> (дата обращения: 29.04.24).
5. Зиангиров А. Ф., Сабитов А.Х. Исследование влияния различных схем соединения обмоток трансформатора на напряжения в зависимости от видов нагрузок // Электрические сети: надежность, безопасность, энергосбережение и экономические аспекты: матер. конф. Казань, 2023. С. 143–147.
6. Федотов А.И., Наумов О.В., Чернова Н.В. Проектирование городских электрических сетей // Учебное пособие: Казан. гос. энерг. ун–т. Казань, 2015. С. 108.
7. Маньков В.Д. Основы проектирования систем электроснабжения // Справочное пособие: НОУ ДПО «УМИТЦ «Электро Сервис». Санкт–Петербург, 2022. С. 664.
8. Воркунов О. В. Способы оптимизации режимов электрической сети / О. В. Воркунов, И. И. Акберов // Современные тенденции развития науки и мирового сообщества в эпоху цифровизации: Сборник материалов VII Международной научно–практической конференции. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "ИРОК", ИП Овчинников Михаил Артурович (Типография Алеф), 2022. – С. 126–131.
9. Влияние несимметричных нагрузок в электрических сетях напряжением 0.4 КВ / О. В. Воркунов, В. В. Максимов, О. Е. Куракина [и др.] // Научно–технический вестник Поволжья. – 2023. – № 12. – С. 450–452.
10. Распределительные сети 10(6)/0,4 кВ. Вопросы реконструкции: [Электронный ресурс]. <http://news.elteh.ru/arh/2014/88/03.php> (дата обращения: 29.04.24).

КОМПЛЕКС МОНИТОРИНГА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ВВОДОВ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЕМ 110 КВ

Губарев Н.А., Галиев И.Ф
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
nikita20143@mail.ru, galievi.f@list.ru

В статье предложен аппаратно – программный комплекс (АПК) мониторинга подсистемы высоковольтных вводов (ВВ) силовых трансформаторов (СТ) напряжением 110 кВ и выше с аналитическим модулем на основе методов искусственного интеллекта (ИИ). Повреждение изоляции высоковольтных вводов, сопровождающееся частичными разрядами (ЧР), является одной из основных причин выхода из строя СТ напряжением 110 кВ и выше. Предлагаемый АПК использует электрический метод регистрации импульсов через измерительные PIN–выводы и осуществляет автоматизированный анализ ЧР. Применение методов ИИ позволит ускорить и облегчить процесс принятия решений по техническому ремонту и обслуживанию, обеспечить онлайн мониторинг состояния ВВ без необходимости снятия напряжения с трансформатора и отслеживать развитие дефектов в реальном времени. Ожидается, что данная разработка повысит эффективность и надёжность эксплуатации СТ за счёт своевременного обнаружения и прогнозирования развития дефектов изоляции.

Ключевые слова: силовые трансформаторы, высоковольтные вводы, частичные разряды, искусственный интеллект, онлайн мониторинг, Phase–Resolved Partial Discharge Pattern, Time–Frequency Map, RIP–изоляция, техническое обслуживание.

СТ являются основными элементами энергетической инфраструктуры, выход из строя которых приводит к серьёзным экономическим ущербам. Наиболее частыми причинами выхода из строя силовых трансформаторов в энергосистемах России являются повреждения высоковольтных вводов, регуляторов напряжения, а также обмоток и систем охлаждения [1, 2, 3].

Одной из основных технологических причин выхода из строя ВВ, как подсистем СТ классов напряжения 110 кВ и выше, является повреждение их изоляции, сопровождающееся развивающимися разрядами, возникающими как внутри самого ввода, так и по его поверхности, токами утечки по вводам. Это характерно для ВВ, где

контроль и анализ ЧР позволяет выявлять и диагностировать большинство дефектов. В настоящее время существуют различные методы регистрации и анализа ЧР [4, 5]. Однако их применение сопряжено с рядом проблем, связанных с физической природой процесса регистрации, классификации измерений ЧР и интерпретацией результатов на основе их анализа. Решение этих вопросов становится важнейшей задачей по контролю за техническим состоянием ВВ — своевременное выявление и точная идентификация дефектов изоляции, основанное на предиктивной аналитике [6, 7, 8].

Для мониторинга ЧР в изоляции ВВ применяется электрический метод регистрации импульсов посредством подключения к измерительным PIN-выводам соответствующего оборудования. Анализ ЧР обычно проводится по следующему алгоритму:

1. Регистрация импульсов и первичное отсеивание помех. Производится регистрация импульсов ЧР в течение определённого промежутка времени. Затем строится график время–частотного распределения импульсов (Time–Frequency Map, TFM) в изоляции ВВ, одновременно исключаются все импульсы помех. Выделенные на графике группы анализируются отдельно.

2. Построение графика амплитудно–фазо–частотного распределения импульсов (Phase–Resolved Partial Discharge Pattern, PRPD). На данном этапе предварительно определяется тип дефекта изоляции и проводится повторное отсеивание помех.

3. Оценка степени развития дефектов в изоляции и их опасности для дальнейшей эксплуатации оборудования.

Для качественного анализа результатов измерений должен иметься доступ не только к образцам дефектов на плоскости PRPD, но и к базе данных предыдущих анализов и измерений. Чем чаще проводятся эти измерения, тем точнее можно отследить один из основных признаков развития дефектов изоляции — растущий тренд скорости изменения импульсов частичных разрядов [9, 10, 11].

В настоящее время эти работы выполняются оперативным персоналом и требуют значительного времени на обработку. Несмотря на наличие программных средств, облегчающих анализ данных и построение графиков, данный алгоритм всё же требует автоматизации и применения методов ИИ.

Для решения поставленной задачи авторами разрабатывается АПК мониторинга высоковольтных вводов, основной задачей которого является контроль высокочастотных разрядов в ВВ СТ. По их уровню оценивается

техническое состояние ВВ. Структурно – функциональная схема связей модулей и комплексов системы диагностики представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Структурно – функциональная схема АПК

Ниже, на рисунке 2 представлен исполнительный комплекс (ИК) мониторинга состояния ВВ с твёрдой RIP–изоляцией (Resin Impregnated Paper).

Основой ИК является регистратор высокочастотных разрядов, которые возникают в RIP–изоляции ВВ. В качестве измерительных датчиков используются устройства присоединения DB–2. Для отсеивания высокочастотных сигналов, поступающих от внешних присоединений и изнутри СТ, на шины вводов устанавливаются устройства регистрации ВЧ сигналов на линиях электропередачи.

Сбор данных и их предварительная обработка выполняются с помощью регистратора высокочастотных импульсов PD–Analyzer/6P и программного обеспечения, установленного на персональном компьютере [12].

После предварительной обработки, данные направляются на исполнительный уровень (ИУ), где сохраняются и передаются в аналитический комплекс (АК). Модели, основанные на полносвязной и сверточной нейронных сетях (НС), заложенные в АК, анализируют текущие данные и изображения, используя для сравнения базу «эталонных» образцов PRPD и TFM распределения импульсов ЧР, хранящуюся на концептуальном уровне (КУ). Результаты анализа сохраняются в архиве ИУ. По запросу с автоматизированного рабочего места (АРМ) ИУ формирует отчёт о текущем состоянии изоляции высоковольтных вводов на основе анализа спектров ЧР за определённый пользователем период.

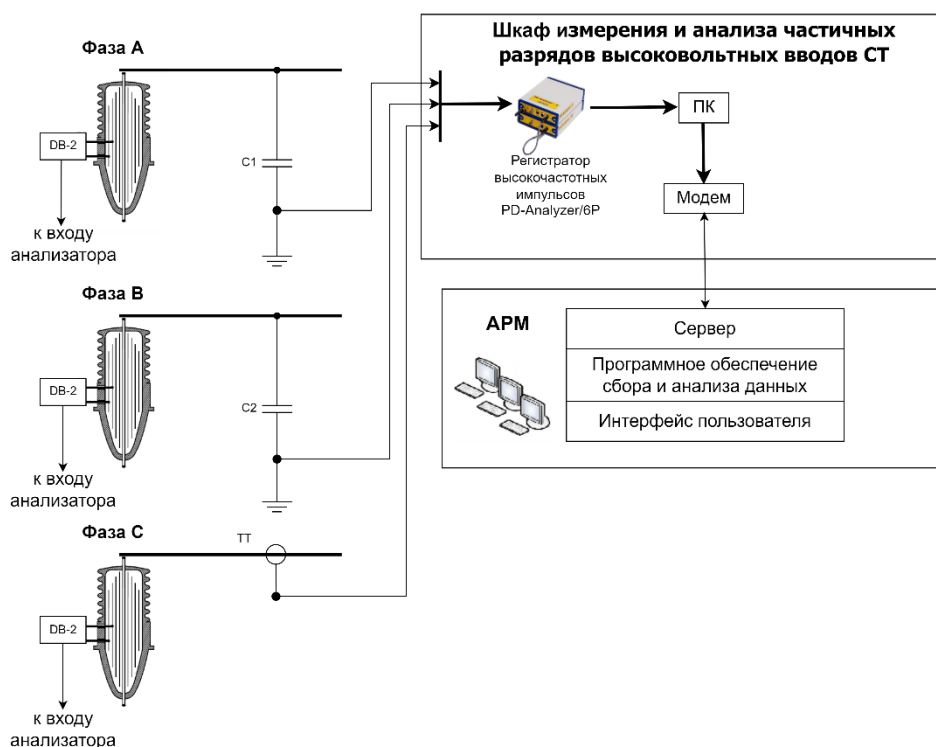


Рис. 2. Блок схема ИК мониторинга высоковольтных вводов

Применение методов ИИ в разрабатываемом АПК позволит ускорить и облегчить процесс принятия решений по техническому ремонту и обслуживанию, автоматически анализируя данные о ЧР и выявляя дефекты на ранних стадиях их развития. Комплекс призван обеспечить онлайн мониторинг состояния ВВ без необходимости снятия напряжения с СТ, что может существенно снизить риски и исключить перерывы в работе основного оборудования. Кроме того, система позволит в реальном времени отслеживать развитие отдельных дефектов, способствуя своевременному принятию профилактических мер и продлению срока службы оборудования.

Источники

1. Марков Е. В. Анализ повреждаемости силовых трансформаторов электроэнергетических систем / Е. В. Марков. — Текст: непосредственный // Исследования молодых ученых : материалы ЛП Междунар. науч. конф. (г. Казань, январь 2023 г.). — Казань : Молодой ученый, 2023. — С. 11–15.
2. Антонов В. О. Анализ статистики технологических отказов функциональных узлов силовых трансформаторов 35 кв и выше // вестник науки. 2024. №1 (70).

3. Ванин Б. В. О повреждениях силовых трансформаторов напряжением 110–500 кВ в эксплуатации. Техническая электродинамика. — 2011. — № 5.
4. Овсянников А. Г. Частичные разряды и диагностирование оборудования высокого напряжения : монография – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2023. 256 с. – (Монографии НГТУ).
5. Русов В.А. Измерение частичных разрядов в изоляции высоковольтного оборудования. Екатеринбург: УрГУПС, 2011. 370 с. ISBN 978-5-94614-177-2.
6. Седунин А. М., Чалов И. А., Сидельников Л. Г. Амплитудно–частотные характеристики частичных разрядов во вводах силовых трансформаторов и вопросы метрологии // Недропользование. 2011.
7. Иванов Д. А. Особенности мониторинга сверхбольших частичных разрядов в высоковольтных // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2022. №1.
8. Маркелов А. С., Надеждина М. Е., Соловьев С. А. Анализ особенностей дистанционных методов обнаружения частичных разрядов в высоковольтной изоляции и возможностей их одновременного использования // ИВД. 2024. №5 (113).
9. ГОСТ Р 55191–2012. Национальный стандарт российской федерации. «Методы испытаний высоким напряжением. измерения частичных разрядов»
10. Dmitriev V. et al. Partial Discharges: Physics and Classification //Partial Discharges in Hydroelectric Generators: Detection, Processing, Classification, and Pinpointing. – Cham: Springer International Publishing, 2023. – С. 11–36.
11. Dmitriev V. et al. Partial Discharges: Frequency Characteristics, Sensors and Laboratory Measurements //Partial Discharges in Hydroelectric Generators: Detection, Processing, Classification, and Pinpointing. – Cham : Springer International Publishing, 2023. – С. 37–69.
12. ООО «Димрус». PD–Analyzer/6P – регистратор высокочастотных импульсов для измерения и анализа частичных разрядов в изоляции трансформаторов, КРУЭ, высоковольтных кабелей и муфт. [Электронный ресурс] <https://dimrus.com/pdan.html> (дата обращения 10.10.2024).

ВОЗДУШНЫЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Дарьина П.И., Наумов О.В.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
polina.darina.03@bk.ru

Линии электропередачи — одна из основ энергетического комплекса. Воздушные линии необходимы в повседневной жизни людей, так как передают большое количество электричества для использования в разных областях промышленности, быту, строительстве, производстве товаров и услуг.

Ключевые слова: электропередача, электроэнергия, воздушные линии, провод, опора, напряжение, ток.

Воздушные линии электропередачи (ВЛЭП) представляют собой тип линий электропередачи, в которых провода подвешены на опорах над землей. Они используются для передачи электроэнергии на большие расстояния с минимальными потерями. ВЛЭП, как и другие виды оборудования, имеют свои конструктивные особенности. Например, они состоят из опор, изоляторов, проводов, различной арматуры и заземления (см. рисунок) [1].

Рассмотрим первый элемент конструкции воздушных линий, который является неотъемлемой частью в эксплуатации линий электропередач – опоры. Они поддерживают провода на нужной высоте над землей, могут быть деревянными, стальными или железобетонными. Существует множество типов опор, предназначенных для различных условий окружающей среды и требований к напряжению, такие как: промежуточные, угловые, анкерные, концевые, транспозиционные, ответвительные, переходные [2].

Следующая часть конструкции ВЛЭП являются изоляторы, которые предотвращают утечку тока с проводов на землю. Они изготавливаются из фарфора, стекла или композитного материала. Изоляторы должны выдерживать высокое напряжение и защищать провода от перенапряжений. Также существует и гирлянда изоляторов — это устройство, которое состоит из нескольких подвесных изоляторов и линейной арматуры, подвижно соединённых между собой.

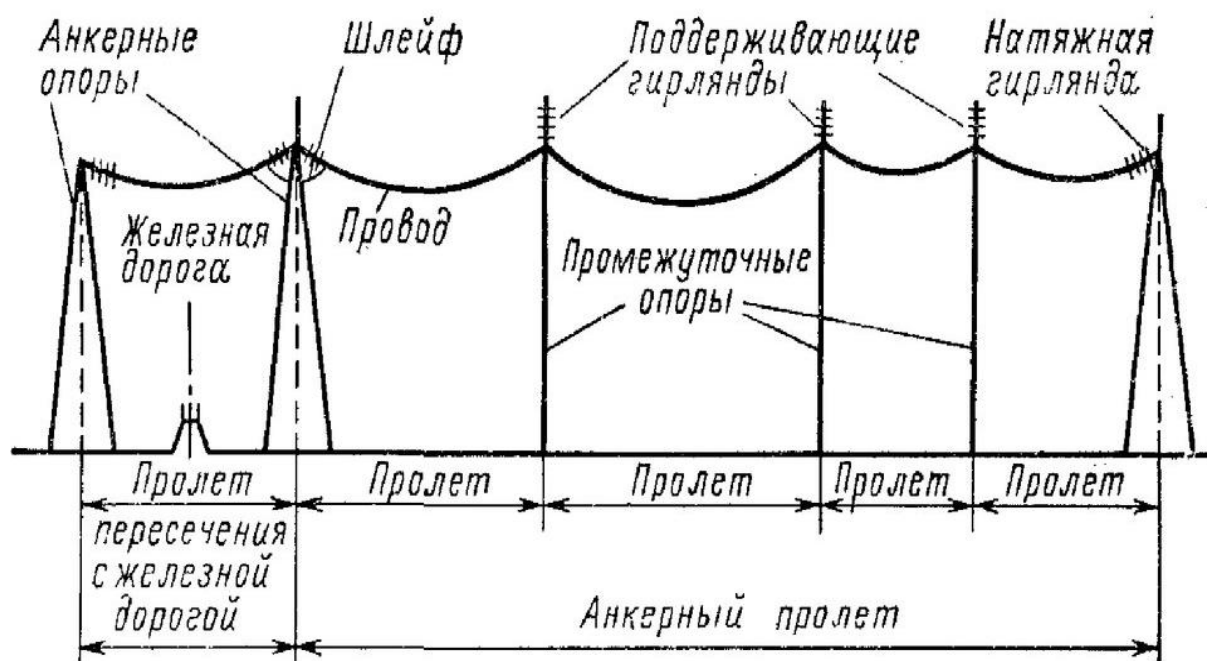
Основой для передачи электрического тока служат провода. Они обычно изготавливаются из меди, алюминия или сталеалюминия. Провода

должны иметь достаточное сечение для обеспечения необходимого тока и должны быть защищены от коррозии и механических повреждений [3].

Также, важной составляющей является арматура. Она соединяет провода с опорами и изоляторами, а также обеспечивает защиту от грозовых перенапряжений. Арматура включает в себя различные компоненты, такие как зажимы, разъединители и молниеотводы [4].

Ну и необходимой частью воздушных линий служит заземление, которое обеспечивает безопасный путь для отвода тока замыкания на землю. Заземление достигается путем соединения опор ВЛЭП с землей с помощью заземляющих электродов [5].

В зависимости от конкретных требований ВЛЭП могут также включать в себя следующие компоненты: виброгасители для уменьшения колебаний проводов, маркерные шары для обозначения местоположения проводов, предохранители для защиты от перегрузок, системы мониторинга для удаленного контроля и диагностики [6].



Устройство воздушных линий электропередачи

Не менее важной, в сравнении с конструкцией воздушных линий электропередачи, является их классификация по различным параметрам, включая:

1. Напряжение: Низкое (менее 1 кВ), среднее (до 35 кВ), высокое (до 220 кВ), ультравысокое (свыше 750 кВ), сверхвысокое (до 1150 кВ)
2. Тип тока: Постоянный ток или переменный ток.
3. Количество цепей: Одноцепные, двухцепные, трехцепные.

4. Конфигурация сети: Кольцевые, радиально–магистральные, смешанные.
5. Тип опор: Деревянные, стальные или железобетонные.

Кроме того, я хочу привести ряд преимуществ и ограничений ВЛЭП, для большего понимания их использования в повседневной жизни, вот некоторые из них.

Преимущества:

- Низкая стоимость: Воздушные линии обычно дешевле в строительстве и обслуживании, чем кабельные линии электропередачи.
- Простая установка: Их можно быстро и легко поставить, так как не требуется никаких земляных работ.
- Простота обслуживания: К ВЛЭП легко добраться для осмотра и ремонта.
- Лучшее охлаждение: Воздух обеспечивает естественное охлаждение проводов, что снижает потери энергии.
- Низкие электромагнитные помехи: Поскольку провода находятся на расстоянии от земли, они создают меньше электромагнитных помех.

Ограничения:

- Воздействие на окружающую среду: ВЛЭП могут оказывать негативное воздействие на эстетику и среду обитания диких животных.
- Уязвимость к погодным условиям: ВЛЭП могут быть повреждены сильным ветром, молниями и обледенением.
- Потери энергии: происходят небольшие потери энергии из-за проводимости воздуха и короны вокруг проводов.
- Ограничения по напряжению: ВЛЭП имеют ограничение по напряжению, обычно до 1150 кВ, из-за пробоя воздуха.

В заключении, хочется отметить, разобрав важные аспекты воздушных линий электропередачи, что ВЛЭП являются неотъемлемой частью современной энергетической инфраструктуры. Они имеют непростую конструктивную особенность, но множество преимуществ их использования в нашей жизни, также позволяют передавать электроэнергию на большие расстояния с минимальными потерями, делая возможным распределение электроэнергии от электростанций к потребителям.

Источники

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

2. Справочник по проектированию электроснабжения, линий электропередачи и сетей / под ред. Я.М. Большама, В.И. Круповича, М.Л. Самовера – М.: Энергия, 1995.–665с.

3. Техничко–экономическое обоснование применения современных типов проводов для воздушных линий электропередачи / О. В. Воркунов, Л. В. Долومانюк, В. В. Максимов, А. И. Хаертдинова // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2024. – Т. 8, № 9(150). – С. 23–28.

4. Техничко–экономическое обоснование применения устройств продольной компенсации на воздушных линиях электропередачи напряжением 110 КВ / О. В. Воркунов, Л. В. Долومانюк, В. В. Максимов, О. Е. Куракина // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2024. – Т. 11, № 10(151). – С. 79–84.

5. «Воздушные линии электропередач». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://electricalschool.info/main/kabel/2250-vozdushnye-i-kabelnye-linii-elektroperedachi.html> (дата обращения 02.07.2024).

6. Саттаров Р. Е. Система беспроводного мониторинга воздушных линий электропередачи / Р. Е. Саттаров, О. В. Воркунов // Техника и технология современных производств: Сборник статей V Всероссийской научно–практической конференции. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2024. – С. 294–296.

7. ВЛЭП [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://extxe.com/22451/vozdushnye-linii-jelektroperedach-vljep/> (дата обращения 02.07.2024).

СОВРЕМЕННАЯ ЭНЕРГОСИСТЕМА НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Дебиев М.В., Амхаев Т.Ш., Кагиров Х.Л., Зармаев М.В.

ФГБОУ ВО ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова, г. Грозный, Россия

mair76@mail.ru, amkhaev79@mail.ru, Kagirov.z20@gmail.com,

zarmaev_mv@mail.ru

В данной статье обсуждаются текущие проблемы и преимущества внедрения интеллектуальных сетей в энергосистеме. Рассмотрены вопросы эффективности применения технологий интеллектуальных сетей, представляющих наибольшую гибкость в управлении электрическими сетями и качеством электроэнергии. Проведенный анализ подчеркивает также и необходимость интеграции таких технологий для оптимизации реактивных составляющих в электрических сетях.

Ключевые слова: электроэнергия, интеллектуальные счетчики, автоматизация, энергоэффективность.

На сегодняшний день наиболее первостепенными проблемами, связанные с качественным и количественным обеспечением электроэнергией потребителей являются:

- Низкое качество электроэнергии при ее передаче. Это связано с потерями напряжения в сети, асимметрией нагрузки фаз, наличием преобразовательного оборудования, скачками нагрузки при отключении и подключении потребителей и т. д.

- Отклонение параметров качества от стандартных значений. Это может повлиять на работу потребителей электроэнергии. Например, колебания напряжения могут привести к увеличению общих потерь активности в сети, вызвать мерцание ламп, нарушить нормальную работу и сократить срок службы электронного оборудования.

- Нестабильность энергосистемы. По мере роста населения, ускорения индустриализации и повышения уровня комфорта жизни увеличивается и нагрузка на энергосистему. В сочетании с широким спектром и размерами электросетей это повышает риск ухудшения качества электроэнергии.

- Качество электроэнергии зависит от поведения потребителей. Если потребитель нарушает правила безопасного использования и

эксплуатации, например, превышая пороговые значения установленной мощности, качество электроснабжения может значительно ухудшиться.

Основными преимуществами эксплуатации интеллектуальной системы учета являются нормирование качества электроэнергии и снижение потерь электроэнергии. По оценкам Министерства энергетики, внедрение «умных сетей» в масштабах страны может сократить потери электроэнергии в электрических сетях более чем на 70 млрд. рублей в год [1].

Интеллектуальные системы отслеживают часовые пояса и позволяют энергетическим компаниям предлагать скидки для изменения структуры потребления энергии клиентами. В процессе модернизации энергосистемы на современных принципах сеть передачи играет важную роль как надежное связующее звено между электростанциями и потребителями. Современные технологии, используемые в передающей сети, позволяют адаптировать все характеристики используемого оборудования к условиям эксплуатации, обеспечивают положительное взаимодействие с электростанциями и потребителями, а также позволяют создавать эффективные системы, способные работать эффективно, с обеспечением эффективной работы построенной системы [2]. В такой системе широко используются различные накопители электроэнергии ЭЭ (табл. 1).

Благодаря внедрению компьютеризированных средств контроля качества электроэнергии, количество аварийных ситуаций сводится к минимуму, а если они и случаются, то устраняются дистанционно или в кратчайшие сроки, поскольку проблема и ее местоположение определяются мгновенно, что еще раз подтверждает преимущества интеллектуальных сетей (табл. 2).

Внедрение интеллектуальных сетей в энергетические системы – важный шаг на пути к повышению эффективности и устойчивости. Эти инновации позволяют оптимизировать управление спросом и предложением, снизить капитальные затраты и улучшить интеграцию возобновляемых источников энергии. Предиктивная аналитика и перспективные операции помогут коммунальным службам более эффективно распределять ресурсы и минимизировать потери [3].

Таблица 1

Функции и типы накопителей ЭЭ в интеллектуальных энергетических сетях	
Функции накопителей электроэнергии	Описание
Усиление устойчивости нагрузки	Накопители обеспечивают электроснабжение ответственных объектов и поддерживают работу электростанций.
Согласование графиков нагрузки	Накопители накапливают электроэнергию в периоды избытка и доставляют её в сеть во время дефицита.
Демпфирование мощности	Накопители стабилизируют работу малоинерционных децентрализованных источников электроэнергии.

Таблица 2

Преимущества интеллектуальных сетей	
Преимущества интеллектуальных сетей	Описание
Увеличение возобновляемой мощности	Коммунальные предприятия могут интегрировать больше возобновляемых источников энергии на суше и на воде в свой энергетический баланс, преодолевая проблемы с прерывистыми поставками и обеспечивая стабильное электроснабжение.
Управление спросом	Благодаря детальному анализу моделей потребления энергии коммунальные предприятия могут сбалансировать спрос с предложением и минимизировать потери, вызванные избыточным выделением ресурсов.
Уменьшение капитальных затрат	Коммунальные предприятия могут удовлетворить пиковый спрос без потерь и распределять электроэнергию наиболее эффективно, минимизируя затраты на передачу и оптимизируя каждый компонент.

Анализ учета гармонических колебаний высших порядков можно проводить применением статических синхронных компенсаторов «СТАТКОМ» преобладающими достоинствами [4]:

- имеет возможность влиять на режим работы схемы в качестве емкостного или индуктивного составляющего;
- использует значительно меньше места, т.к. не требуется применение конденсаторных батарей и реакторов больших габаритов, применяемые в других подобных устройствах;
- возможность наибольшего динамического интервала регулирования реактивной составляющей;
- наибольшая скорость изменения и более эффективные характеристики при переходных процессах;
- наибольшая устойчивость при гармонических резонансных явлениях в сети.

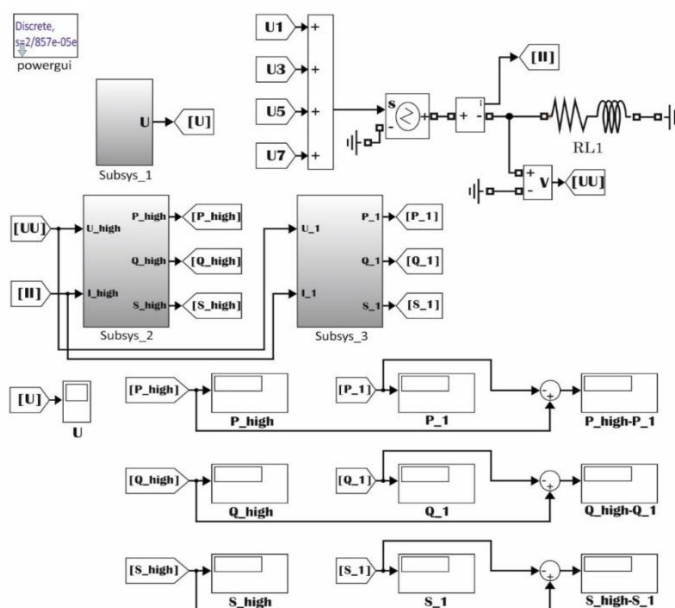


Рис. 1. Имитационная модель интеллектуального счетчика

Для получения изначальных сведений целесообразно внедрение модели умного счетчика (рис. 1). Здесь следует использовать программу по расчету и управлению значений гармонических колебаний в сети [5].

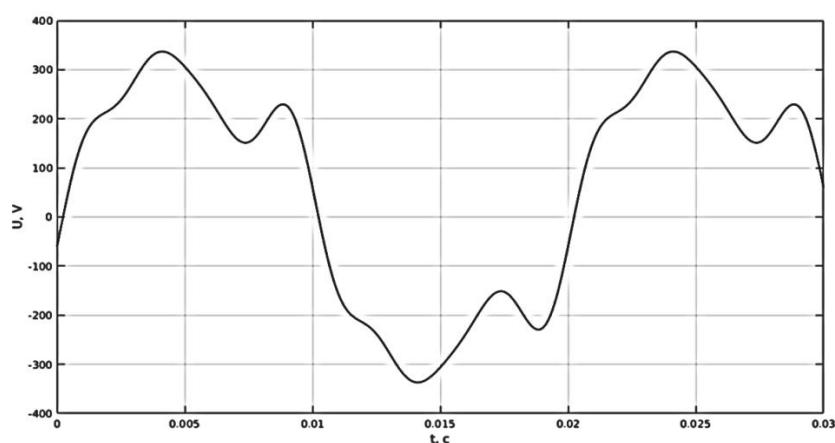


Рис. 2. Синусоида напряжения

На рисунке 2 представлена форма синусоиды напряжения, близкая к форме синусоид напряжений фактических электроприемников.

Внедрение интеллектуальных энергосистем в нашей стране тесно связано с технологическими прорывами в области телекоммуникаций, разработкой технологических решений для альтернативных источников энергии, а также созданием моделей и алгоритмов функционирования энергосистем на основе методов искусственного интеллекта.

Источники

1. Лунькова В. «В 2020 году в России начнется установка умных счетчиков» – URL: <https://realty.rbc.ru/news/5e33e8839a7947b4bd49fdb8?from=sory> (дата обращения: 17.10.2024)
2. Ховалова Т.В., Жолнерчик С.С. Эффекты внедрения интеллектуальных электроэнергетических сетей Журнал "Стратегические решения и риск-менеджмент". 2018. с. 92
3. Чепиков В. А. Правовые проблемы в области качества электрической энергии / В. А. Чепиков. – Текст : непосредственный // Молодой ученый. – 2022. – № 42 (437). – С. 192–194. – URL: <https://moluch.ru/archive/437/95623/> (дата обращения: 17.10.2024).
4. Дебиев М.В., Магомадов Р.А.М., Амхаев Т.Ш., Зиниев Ш.З. Эффекты внедрения автоматизированных электроэнергетических систем на основе интеллектуальных сетей / Вестник ГГНТУ. Технические науки. 2021. Т. 17. № 1 (23). С. 15–25.
5. Суслов К.В. Программа для расчета и управления уровнем гармонических составляющих в питающей электрической сети. / К.В. Суслов, Н.Н. Солонина, Ю.Д. Герасимов. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016613995. Дата гос. регистрации 12.12.2016.

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ДИАГНОСТИРОВАНИЮ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Димитриев А.А.¹, Михеев Г.М.², Каландаров Х.У.³

^{1,2}ФГБОУ ВО «ЧГУ им. И.Н. Ульянова», г. Чебоксары, Россия

³Чебоксарский институт (филиал) Московского политехнического университета,
г. Чебоксары, Россия

meterling21@mail.ru; mikheevg@rambler.ru, huseinjon.86@mail.ru

В данной работе приведен сравнительный анализ трех перспективных методов (нейронных сетей (НС), алгоритма дерева решений (АДР) и нечеткой логики (НЛ)) интерпретации данных, получаемых по результатам хроматографического анализа растворенных газов (ХАРГ) в ТМ. Применение указанных алгоритмов позволит не только упростить задачу диагностирования СТ в части определения вида неисправности и её местоположения, но и способствует развитию, и в последующем внедрению искусственного интеллекта (ИИ) для решения этой задачи.

Ключевые слова: силовой трансформатор, диагностирование, трансформаторное масло, ХАРГ, искусственный интеллект, нейронные сети, алгоритм дерева решений, нечеткая логика.

ХАРГ является одним из эффективных методов диагностирования высоковольтного маслонаполненного электрооборудования [1–5]. Этот метод применяют для определения причин возникновения дефектов внутри бака СТ, а также выяснения степени их опасности. Цель данной статьи – рассмотрение способов упрощения и автоматизации процесса технического диагностирования СТ посредством применения методов ИИ, а также сравнение НС, АДР и НЛ для оценки результатов ХАРГ. Значение этих методов более подробно приведены в работах [6–9].

В качестве исходных данных рассмотрены и проанализированы результаты ХАРГ, проведенные в течение периода времени с 11 декабря 2009 г. по 12 декабря 2020 г. для СТ типа ТРДЦН–63000/110, эксплуатирующегося с 1989 г. в энергосистеме одного из регионов нашей страны.

В качестве итогового значения определяются три индекса состояния СТ:

– нормальное – *AI* (содержание газов не превышает допустимых значений);

– требующего внимание – $A2$ (концентрация газов не превышает предельно допустимых значений);

– аварийное – $A3$ (концентрация растворенных в ТМ газов превышает предельно допустимые значения).

Рассмотрим процесс диагностирования на примере результатов ХАРГ, полученного на этом реальном СТ. В таблице 1 приведены данные о концентрациях характерных газов, упорядоченных по датам.

Таблица 1

Часть таблицы с результатами ХАРГ рассматриваемого преобразователя напряжения
(указано 16 строк из 46)

Дата	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₂	CO	CO ₂	Состояние
11.12.2009	0,0010	0,0008	0,0157	0,0011	0,0000	0,0450	0,4900	нормальное
22.07.2010	0,0010	0,0009	0,0169	0,0013	0,0000	0,0640	0,5700	нормальное
12.11.2010	0,0010	0,0008	0,0176	0,0014	0,0000	0,0550	0,5600	нормальное
19.05.2011	0,0010	0,0008	0,0168	0,0014	0,0000	0,0460	0,5300	нормальное
22.06.2011	0,0010	0,0008	0,0182	0,0015	0,0001	0,0580	0,6100	нормальное
22.11.2011	0,0010	0,0007	0,0170	0,0014	0,0001	0,0560	0,5700	нормальное
16.04.2012	0,0000	0,0006	0,0158	0,0013	0,0000	0,0380	0,5200	аварийное
17.05.2012	0,0010	0,0007	0,0157	0,0013	0,0000	0,0450	0,5500	аварийное
27.09.2012	0,0010	0,0007	0,0154	0,0013	0,0000	0,0680	0,6200	аварийное
28.11.2012	0,0010	0,0007	0,0156	0,0013	0,0000	0,0620	0,6200	аварийное
27.03.2013	0,0000	0,0006	0,0158	0,0013	0,0001	0,0510	0,5800	требует внимания
22.05.2013	0,0000	0,0003	0,0090	0,0008	0,0000	0,0260	0,3800	требует внимания
31.10.2013	0,0000	0,0005	0,0089	0,0006	0,0000	0,0350	0,3600	требует внимания
27.02.2014	0,0010	0,0005	0,0107	0,0008	0,0000	0,0310	0,4100	нормальное
20.05.2014	0,0010	0,0005	0,0108	0,0008	0,0002	0,0410	0,5300	нормальное
26.08.2014	0,0010	0,0007	0,0122	0,0009	0,0001	0,0620	0,6400	аварийное

Значения растворенных газов здесь приведены в объёмных долях, % от общего объема. Обучение ИНС проводилось с помощью алгоритма RProp. Условия завершения обучения менялись эмпирически в

зависимости от динамики уменьшения и стабилизации ошибок. Количество циклов (эпох) обучения достигало 10000. Структура сети представляет собой четырехслойный персептрон с 7 входными нейронами, двумя скрытыми слоями с 15 и 10 нейронами соответственно, а также тремя выходными нейронами, соответствующими целевой функции – три состояния СТ (А1–А3). На рис. 2 представлена таблица сопряженности (рис. 1 а, б, в) на примере входных данных для каждого индекса состояния (А1, А2 и А3) соответственно, этого трансформатора.

а)		Классифицировано		
	Фактически	False	True	Итого
	False	30		30
	True		13	13
б)	Итого	30	13	43
		Классифицировано		
	Фактически	False	True	Итого
	False	30		30
в)	True		13	13
	Итого	30	13	43
		Классифицировано		
	Фактически	False	True	Итого
	False	19	1	20
	True	2	21	23
	Итого	21	22	43

Рис. 1. Таблицы сопряженности на примере входных данных для каждого индекса состояния силового трансформатора (ИНС)

Данный рисунок показывает, что НС определяет все три индекса технического состояния – «Авария», «Нормальное состояние», «Требующее внимание». По нашему мнению, это обстоятельство даёт право утверждать, что НС позволяет с достаточной точностью проводить техническое диагностирование маслонеполненного электрооборудования.

Рассмотрим решение этой задачи на примере АДР. Из всего массива входных данных, приведенных в таблице 2, этот алгоритм выявил наиболее характерные газы – углекислый газ (CO_2), этан (C_2H_6), этилен (C_2H_4). Концентрации указанных растворенных газов в ТМ для данного преобразователя напряжения являются наиболее приемлемыми в роли диагностического фактора при оценке результатов ХАРГ. На рисунках 2 и 3 приведён результат работы АДР только для состояния «Аварийное» (А3) по анализам характерных газов, указанных выше.

Условие	Следствие	Поддержка	Достоверность
ЕСЛИ		34	18
$CO_2 < 0,585$		17	15
$C_2H_4 < 0,01575$	False	12	12
$C_2H_4 \geq 0,01575$		5	3
$C_2H_6 < 0,00135$	True	2	2
$C_2H_6 \geq 0,00135$	False	3	3
$CO_2 \geq 0,585$	True	17	16

Рис. 2. Разграничение целевого атрибута, полученного при работе алгоритма дерева решений при анализе результатов ХАРГ силового трансформатора

Распознавание аварийного состояния СТ по результатам ХАРГ диэлектрической жидкости с помощью АДР получилось достаточно высоким, что можно наблюдать из таблицы сопряженности, показанной на рис. 3, а).

а)		Классифицировано		
	Фактически	False	True	Итого
	False	19	1	20
	True		23	23
	Итого	19	24	43

б)		Классифицировано		
	Фактически	False	True	Итого
	False	19	2	21
	True		22	23
	Итого	19	24	43

Рис. 3. Таблица сопряженности на примере выходных данных по аварийному состоянию АЗ трансформатора: а) АДР; б) НЛ

АДР с достаточной точностью определяет три значения технического состояния СТ, что более чем приемлемо для детальной диагностики электрооборудования.

Использование нечетко–логического аппарата полностью коррелируется с данными и выводами, полученными опытным путём из реальных величин содержания растворённых газов из пробы масла трансформатора, имеющего дефект.

Используемый алгоритм диагностирования состояния СТ с помощью нечеткой логики приведен на рис. 4.

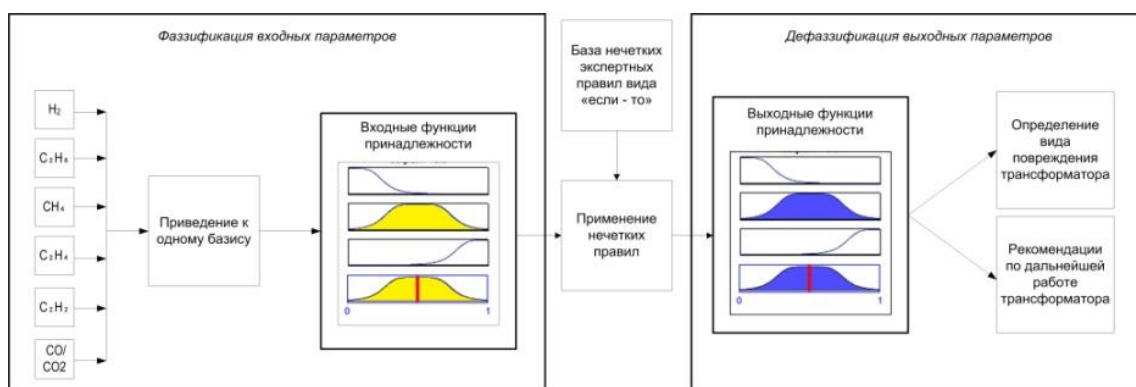


Рис. 4. Алгоритм диагностирования состояния СТ с помощью нечеткой логики

Распознавание результатов ХАРГ диэлектрической жидкости с помощью НЛ получилось достаточно высоким, что можно наблюдать из таблицы сопряженности, показанной на рис. 5, 6.

При применении к диагностированию технического состояния СТ, каждый из этих методов может быть эффективным в зависимости от конкретных условий, характеристик и особенностей данных исследования. Комбинация различных методов может дать наилучшие результаты, позволяя закрыть недостатки одного метода, используя преимущества другого.

Источники

1. Алексеев Б.А., Коган Ф.Л., Мамиконянц Л.М. Объём и нормы испытаний электрооборудования. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003. – 256 с.
2. Алексеев Б.А. Контроль состояния (диагностика) крупных силовых трансформаторов. М.: НЦ ЭНАС, 2002. – 216 с.
3. Антропова В.Р., Сушков В.В., Сухачев И.С. Использование нейросетевых технологий при повышении надежности электротехнических комплексов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Сер. Естественные и технические науки. 2021. № 5. – С. 56–58.
4. Баталыгин С.Н., Михеев Г.М., Шевцов В.М. Инженерные инновации в региональной электроэнергетике // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. 2011. № 5. – С. 36–40.
5. Баталыгин С.Н., Михеев Г.М., Шевцов В.М. Комплексное обследование силовых трансформаторов // Кибернетика электрических систем: сб. материалов XXVI сессии Всероссийского семинара «Диагностика энергооборудования». Новочеркасск: Южно-Российский государственный технический университет, 2004. С. 14–16.
6. Димитриев, А.А. Применение алгоритма дерева решений для оценки результатов хроматографического анализа трансформаторного масла / А.А. Димитриев, Г.М. Михеев, Х.У. Каландаров // Вестник Чувашского университета. – 2023. – № 4. – С. 74–84.
7. Димитриев А.А. Распознавание дефекта силового трансформатора с применением нечеткой логики по результатам хроматографического анализа / А.А. Димитриев, Г.М. Михеев // Современные тенденции развития цифровых систем релейной защиты и автоматики: материалы научно-технической конференции молодых специалистов форума «РЕЛАВЭКСПО–2023», Чебоксары, 18–21 апреля 2023 года / Инновационный электротехнический кластер Чувашской Республики, Академия электротехнических наук Чувашской Республики,

Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова. – Чебоксары, 2023. – С. 49–54.

8. Димитриев А.А. Диагностирование силового трансформатора на основе методов нечеткой логики / А.А. Димитриев, Г.М. Михеев // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. – 2022. – № 3. – С. 29–35.

9. Егоров, А.А. Основные направления применения технологий искусственного интеллекта в электроэнергетике: зачем он нужен и на что способен / А.А. Егоров // Автоматизация и IT в энергетике. – 2023. – № 9(170). – С. 6–16.

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЫ ЦИФРОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ

Долматов Е.Н., Мухаметжанов Р.Н.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

dolmatov20014@gmail.com, ruustem@yandex.ru

В настоящей работе, базирующейся на анализе научных источников литературы, предпринимается попытка представления основных сведений об угрозах и рисках безопасности цифровых подстанций. Перечисляются способы и мероприятия по минимизации и предотвращению последних с целью обеспечения эффективной, надежной и бесперебойной работы энергосистем.

Ключевые слова: цифровая энергетика, электроэнергетика, передача и распределение, диджитал–технологии, кибербезопасность, кибератаки.

В настоящее время цифровые подстанции (ЦПС) играют ключевую роль в энергетических системах множества развитых стран. Эти инновационные сооружения предлагают значительные преимущества по сравнению с традиционными подстанциями. Такие подстанции позволяют более детально контролировать параметры энергосистемы, тем самым повышая ее надежность и устойчивость к различным внешним и внутренним воздействиям. В результате интеграция ЦПС в энергетическую инфраструктуру становится важным шагом к их модернизации и оптимизации работы [1].

Цифровые подстанции (ЦПС) представляют собой высокотехнологичные системы, обеспечивающие энергетическую инфраструктуру с использованием современных информационных технологий. Однако развитие этих технологий влечет за собой новые угрозы и риски для безопасности функционирования подстанций. Среди главных вызовов можно выделить кибератаки и технические сбои. При передаче данных через открытые сети, использующие стандартные протоколы, такие как TCP/IP, злоумышленники могут осуществлять атаки типа отказа в обслуживании (DDoS). Хакерские вмешательства могут нарушить работу подстанций, привести к утечке конфиденциальной информации и даже вызвать перебои в электроснабжении. Кроме того, цифровые подстанции подвержены рискам технического отказа [2].

В этой связи следует обратить внимание на ряд первостепенных направлений, способствующих улучшению безопасности эксплуатации действующих цифровых подстанций (ЦПС).

1. Контроль доступа и механизмы аутентификации

Обеспечение контроля доступа к цифровым подстанциям (ЦПС) является критически важным элементом их защиты. Для создания надежного механизма аутентификации пользователей и управления доступом к информационным системам следует использовать проверенные способы, такие как шифрование и цифровая сертификация. Исследователи отмечают, что такие меры способны эффективно снижать риски различных кибератак и минимизировать возможность несанкционированного доступа к оборудованию и данным на ЦПС. Процедуры аутентификации могут включать использование логинов и паролей, биометрические методы, смарт-карты или их сочетание. Тщательный анализ преимуществ и недостатков каждого из этих методов позволит выделить наиболее подходящее решение для конкретной цифровой подстанции [3].

2. Резервное копирование и восстановление данных

В условиях возможных сбоев или выхода оборудования из строя, эффективное резервное копирование и восстановление критически важных данных на цифровых подстанциях (ЦПС) играют неоценимую роль в обеспечении непрерывности их работы и предотвращении утраты важной информации.

На сегодняшний день правильная интеграция процессов резервного копирования и восстановления данных в структуру ЦПС является важнейшим аспектом обеспечения надежности и безопасности энергетической инфраструктуры. Это подразумевает выбор оптимальных технологий и методов резервного копирования, определение оптимальной частоты и формата копирования, а также регулярное проведение проверок и специальных тестов для подтверждения защищенности цифровой системы, что позволяет обеспечить автоматическую активацию процессов восстановления при возникновении сбоев [4].

3. Отказоустойчивость и резервирование оборудования

Для достижения высокой степени отказоустойчивости цифровых подстанций (ЦПС) необходимо внедрять комплексные меры на всех этапах их проектирования и эксплуатации. На стадии разработки рекомендуется применять принципы модульности и стандартизации, что упростит процесс замены неисправных компонентов и снизит вероятность возникновения ошибок. Важно также осуществлять анализ надежности и

отказоустойчивости разрабатываемых систем, включая методы моделирования и статистический анализ.

На этапе эксплуатации стоит акцентировать внимание на мониторинге и контроле состояния ЦПС, что позволит своевременно обнаруживать и устранять возникающие неисправности. Для этой цели целесообразно использовать автоматизированные системы контроля, диагностики и прогнозирования состояния оборудования, а также регулярно проводить проверки и испытания систем [5].

Кроме того, резервирование компонентов ЦПС является важным элементом для достижения отказоустойчивости. Такая практика может быть реализована на различных уровнях — от резервирования отдельных элементов до создания резервных копий целых систем [6].

4. Сетевая безопасность

Защита сетевой инфраструктуры представляет собой ключевой элемент для охраны цифровых подстанций (ЦПС) от киберугроз и обеспечения информационной безопасности. Для гарантии безопасности коммуникаций следует внедрять надежные протоколы, такие как TLS/SSL, а также использовать системы обнаружения вторжений и межсетевые экраны. Применение брандмауэров и сетевых экранов позволяет эффективно контролировать и фильтровать сетевой трафик, а также выявлять и предотвращать потенциальные атаки.

5. Физическая безопасность

Обеспечение защиты периметра цифровых подстанций (ЦПС) является неотъемлемой частью их безопасности. В этом контексте важна установка систем видеонаблюдения и контроля доступа, а также обучение персонала основам безопасности и охраны труда. К числу мероприятий, способствующих физической защите, можно отнести использование огнеупорных материалов, регулярные инспекции и инструктажи для сотрудников ЦПС.

Таким образом, цифровые подстанции занимают ключевое место в энергетической инфраструктуре, однако они часто становятся мишенью для различных угроз и рисков. Как показали исследования, эффективная работа ЦПС требует комплексного подхода, сочетающего технические решения и организационные мероприятия, направленные на обеспечение надежности, устойчивости и информационной безопасности. Высокий уровень реализации этих мер может значительно повысить степень защиты ЦПС и обеспечить бесперебойное качество энергоснабжения для пользователей.

Источники:

1. Маргаринт А.О. Информационная безопасность цифровой подстанции // Молодежь и XXI век. 2022. № 1. С. 242–243.
2. Гаврилов Ф.В. Основные преимущества и недостатки цифровой электрической подстанции // Теория и практика современной науки. 2018. № 6. С. 169–173.
3. Куликов А.Л., Зинин В.М., Шарафеев Т.Р. Принципы реализации кроссплатформенных цифровых подстанций // Релейщик. 2019. № 2. С. 22–26.
4. Zhu L., Shi D., Duan X. Evidence theory-based fake measurement identification and fault-tolerant protection in digital substations // IET generation, transmission & distribution. 2011. N 1. P. 119–126.
5. Хамидуллина, К. Р. Методы измерения сопротивления защитного заземления электрооборудования высоковольтных подстанций посредством переменного тока / К. Р. Хамидуллина, О. В. Воркунов // Электрические сети: надежность, безопасность, энергосбережение и экономические аспекты: Материалы международной научно-практической конференции. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. – С. 281–286.
6. Hunt R., Flynn B., Smith T. The substation of the future: Moving toward a digital solution // IEEE Power and Energy Magazine. 2019. N 4. P. 47–55.

ДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Дюндина В.П.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

olga_yuminova83@mail.ru

Науч. рук. доц. Филина О.А.

Цель этой статьи состоит в том, чтобы рассмотреть методы, используемые до сих пор для анализа шума, создаваемого двигателями электромобилей. В тезисе исследование показывает достижения в использовании экологически чистых материалов, инновационных производственных процессов и интеграции передовых технологий для повышения эффективности двигателей.

Ключевые слова: повышение надёжности, спектральный метод, компонент, процесс преобразования, методика, наработка, возможные состояния.

Правильный выбор электродвигателей имеет важное значение, поскольку двигатели достигают максимальной эффективности при нагрузке 75–80%, а их работа при низкой нагрузке может привести к перегреву и сокращению срока службы. Данное положение было введено в 2021 году, и с тех пор каждый вновь выпускаемый электромобиль должен быть оснащен таким устройством [1, 2]. Поскольку данный обзор касается методов, используемых в тяговых двигателях, подавляющее большинство публикаций касаются методов расчета шума от электромагнитных сил.

Структура данной работы разделена в зависимости от типа методов, использованных авторами [1–6]. Следует отметить, что при выборе литературы мы рассматривали только те работы, которые касаются двигателей с потенциалом использования в электротехнике и на транспортных средствах.

Конструкция электродвигателя включает в себя сложные вопросы, такие как выбор пазов статора, конструкция обмотки и параметры электромагнитной нагрузки, и все они направлены на оптимизацию производительности. Он обладает замечательным свойством. Шум от электродвигателя может доставлять неудобства пассажирам, особенно в электробусах.

Разработка аналитической модели конкретного двигателя для виброакустических расчетов сложна и требует очень хороших знаний

механики, а также вопросов, связанных с магнитным полем и действием электродинамических сил. Следует заметить, что любая модель *линейной системы* АД (рис. 1) может быть представлена в виде структурной схемы всего лишь с помощью трех линейных звеньев: *усилительного* звена с коэффициентом усиления k , *интегрирующего* звена $1/p$ и *сумматора*, соединенных соответствующим образом.

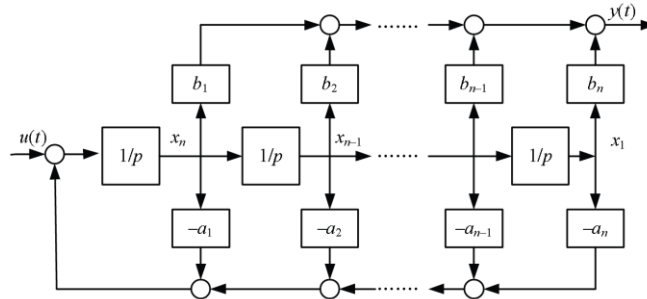


Рис. 1. Общая схема моделирования n -мерной управляемой системы АД с одним входом и одним выходом

Характеристический многочлен совпадает с нормированным (с коэффициентом 1 при старшем члене) многочленом n -го порядка, коэффициенты которого расположены в нижней строке этой матрицы с обратными знаками, а именно:

$$\varphi(\lambda) = \lambda^n + a_1\lambda^{n-1} + \dots + a_{n-1}\lambda + a_n = \det(\lambda I - A) = \sum_{i=0}^n a_i\lambda^{n-i}, a_0 = 1.$$

Матрицы этой системы трансформации имеют вид

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \\ -a_n & -a_{n-1} & -a_{n-2} & \dots & -a_1 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad C = [b_n, b_{n-1}, \dots, b_1].$$

или более компактно:

$$\begin{aligned} \dot{x}_i &= x_{i+1}, \quad i = 1, 2, \dots, n-1, \\ \dot{x}_n &= u - a_1x_n - \dots - a_nx_1, \\ y &= b_nx_1 + b_{n-1}x_2 + \dots + b_1x_n. \end{aligned}$$

По заданному нормированному многочлену сопровождающая матрица строится очень просто. В ее нижней строке располагаются n коэффициентов характеристического многочлена с обратным знаком, элементы, расположенные справа от диагональных, равны единице, а остальные — нули. Уравнения состояния при соединении моделей систем показаны в [3–6]. Иногда возникает необходимость в получении уравнения состояния для общего соединения моделей АД, описываемых в пространстве состояний. Эти достижения автора являются не только

технологическими достижениями, но и представляют собой более широкий сдвиг в сторону более устойчивого и экологически сознательного подхода к инженерии. Пригодность к вторичной переработке: обращению с электродвигателями по окончании срока службы уделяется все больше внимания, при этом особое внимание уделяется переработке и безотходной экономике. Эффективные стратегии технического обслуживания могут значительно продлить срок службы двигателя, тем самым снижая его воздействие на окружающую среду.

Источники

1. Филина, О.А. Идентификация объектов управления методом корреляционного анализа / Филина, О.А., Кочкин Д.К., Сабирова Я.О. // В сборнике: Становление общества знания: новые стратегии науки. Сборник научных трудов по материалам VII Международной научно–практической конференции. – 2019. – С. 50–52.

2. Филина, О.А. Современные возможности вибродиагностики электрических машин и электрооборудования / Филина О.А., Сидорова А.А., Мукимов А.Х., Каримов В.И. // В сборнике: Современные тенденции развития естествознания и технических наук. Сборник научных трудов по материалам Международной научно–практической конференции. – 2018. – С. 233–235.

3. Баженов, Н.Г. Использование одноосного гиросtabilизатора для системы гироскопической стабилизации в автономных системах управления / Баженов Н.Г., Филина О.А., Озерова Е.Ю. // Вестник Московского авиационного института. – 2018. – Т. 25. – № 4. – С. 202–206.

4. Филина, О.А. Диагностирование двигателя по составу картерного масла / Филина О.А., Гиматдинов Ф.С., Елисеев Б.О. // В сборнике: Материалы и методы инновационных исследований и разработок. Сборник статей международной научно–практической конференции: в 2 частях. – 2017. – С. 126–128.

5. Филина, О.А. Экспресс–контроль состояния моторного масла автотракторных двигателей / Филина О.А., Пасечник С.В., Гараева А.Р. // Национальная Ассоциация Ученых. – 2017. – № 5 (32). – С. 45–46.

6. Филина, О.А. Сложность систем технической диагностики. Классы наблюдаемых дефектов / Филина О.А., Гиматдинов Ф.С., Аскаков Ф.Ф. // В сборнике: Научные исследования и разработки в эпоху глобализации. Сборник статей международной научно–практической конференции. – 2016. – С. 179–181.

РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ В КОНТРОЛЬНЫХ ПУНКТАХ 500 КВ С ПРИМЕНЕНИЕМ УПРАВЛЯЕМЫХ ШУНТИРУЮЩИХ РЕАКТОРОВ

Зайцев С.А., Иванов Л.Е., Складчиков А.А.

Филиал ФГБОУ ВО «СамГТУ» в г. Новокуйбышевске, Россия

zaitsevserg@rambler.ru, ILe@yandex.ru, skladchikov-aa@mail.ru

В материале предлагается метод регулирования напряжения в контрольных пунктах энергосистем с применением управляемых шунтирующих реакторов, путём изменения как по величине загрузки по реактивной мощности, так и с применением уставки по уровню напряжения. Применение указанного метода и средств регулирования позволяют эффективнее и быстрее регулировать параметры электроэнергетического режима.

Ключевые слова: регулирование напряжения, управляемый шунтирующий реактор, диспетчерский центр.

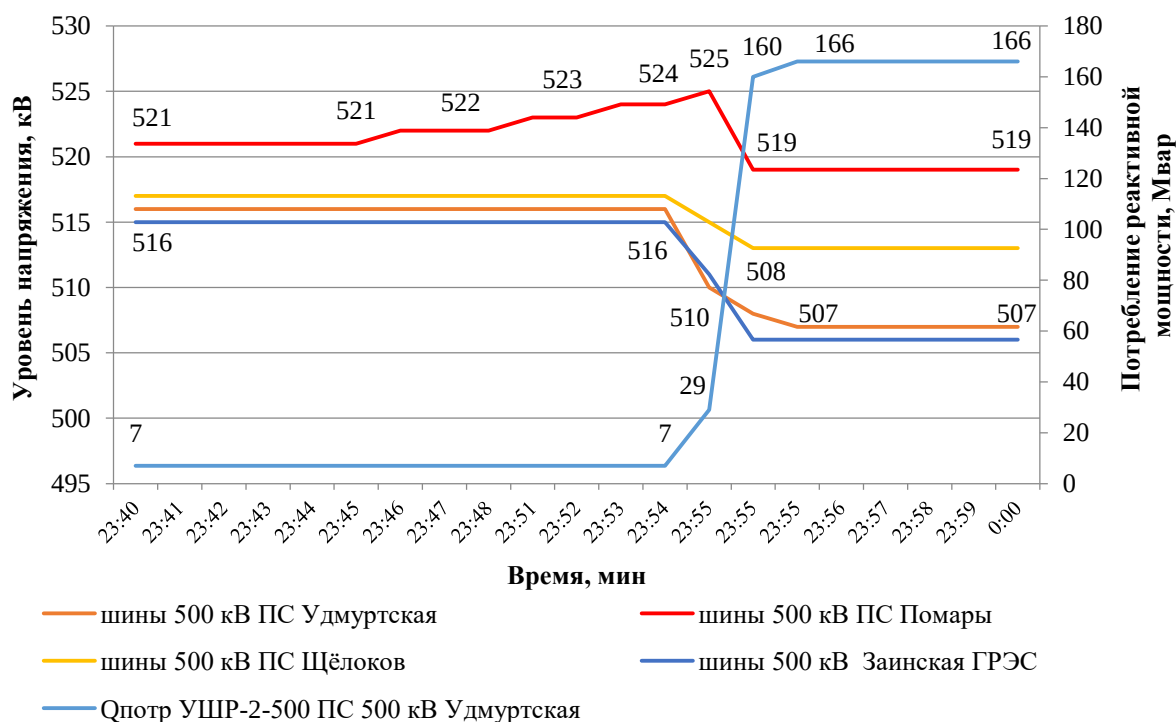
Шунтирующие реакторы применяются в сетях с напряжением 110 кВ и выше. При этом в последнее время в энергосистемах активно внедряются управляемые шунтирующие реакторы в электрических сетях 500 кВ.

Эффективность применения управляемых шунтирующих реакторов при регулировании режима энергосистемы по напряжению в контрольных пунктах сети 500 кВ в границах графика, в том числе по уставке и без необходимости выполнения отстройки по режиму в контролируемых сечениях и выполнения дополнительных коммутаций выключателями из диспетчерских центров.

Отстройка по режиму в контролируемых сечениях требуется по критерию « $n-1$ » (критерий, при котором проверяются требования к устойчивости энергосистем и рассматриваются условия отключения одного элемента « n » в исходной схеме), т.е. в случае применения обычных шунтирующих реакторов требуется их включение/отключение выключателями для изменения эксплуатационного состояния (в работе или резерве) с учетом планирования перетоков активной мощности и соответственно компенсации или недокомпенсации реактивной мощности в электрических сетях. При этом управляемые шунтирующие реакторы изменяют только режим своей нагрузкой по реактивной мощности без коммутаций выключателями путём изменения подмагничивания

магнитопровода постоянным током (плавного регулирования), что экономит коммутационный ресурс выключателей коммутирующих шунтирующий реактор и обеспечивает плавное регулирование напряжения.

Нами рассмотрен пример регулирования в сети 500 кВ прилегающей к контрольному пункту на шинах 500 кВ Заинской ГРЭС (республика Татарстан). В частности регулирование необходимо на шинах 500 кВ ПС Помары (республика Мари Эл). В ночные часы при снижении потребления на ПС 500 кВ Помары и из-за реверса направления перетоков активной мощности между ОЭС Центра и ОЭС Урала по ВЛ 500 кВ Помары – Удмуртская происходит рост уровня напряжения на шинах 500 кВ ПС Помары с тенденцией роста выше наибольшего рабочего значения – 525 кВ (см. рисунок). При этом диспетчер ОДУ Средней Волги, обеспечивая предотвращение нормального режима в условиях отсутствия более приоритетных (эффективных) мероприятий запросил загрузку УШР–2–500 на ПС Удмуртская у диспетчера ОДУ Урала (с учетом всех согласований и отдачи команд мероприятие выполнено за 3 минуты). При этом задержка выполнения команды могла привести к превышению допустимого уровня напряжения на шинах 500 кВ ПС Помары и последующим отходом изоляции оборудования на ПС 500 кВ Помары в течение 12 часов.



Регулирование напряжения в сети 500 кВ с применением УШР

В целях минимизации времени реализации мероприятий по управлению режимом энергосистем по напряжению предлагается использование дистанционное управление режимом УШР из диспетчерских центров АО «СО ЕЭС», в т.ч. путём изменения уставок по напряжению на шинах энергообъекта, на котором установлен УШР и/или потребляемой реактивной мощности, что позволит сократить время реализации команд до 1 минуты после принятия диспетчерским персоналом решения по изменению регулируемого параметра. При этом должны быть учтены современные требования по обеспечению кибербезопасности на каналах связи между ДЦ и энергообъектами с УШР.

Задачами, решаемыми в энергосистеме поперечными такими компенсирующими устройствами как управляемые шунтирующие реакторы, являются:

- обеспечение уровней напряжения на объектах электроэнергетики, допустимых для оборудования электрических станций и сетей, в соответствии с нормативными требованиями к изоляции оборудования [1];
- обеспечение устойчивости генерирующего оборудования, энергосистем и нагрузки потребителей электрической энергии, в соответствии с требованиями Методических указаний по устойчивости энергосистем [2];
- повышение предела передаваемой мощности в контролируемых сечениях, в том числе расчёт значений максимально–допустимых перетоков (МДП) и аварийно–допустимых перетоков активной мощности в которых обеспечивается с применением системы мониторинга запаса устойчивости (СМЗУ), при этом должно обеспечиваться увеличение напряжение до максимально возможного уровня с учетом схемно–режимных особенностей энергосистемы;
- обеспечение качества электрической энергии в соответствии с нормативными требованиями;
- предотвращений системных явлений «лавина напряжения» и «лавина частоты».

Источники

1. Правила технологического функционирования электроэнергетических систем, утв. Постановлением Правительства РФ от 13.08.2018 № 937.
2. Методические указания по устойчивости энергосистем, утв. Приказом инэнерго России от 03.08.2018 № 630.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА MATLAB SIMULINK ДЛЯ АНАЛИЗА РЕЖИМОВ РАБОТЫ СЕТИ 0,4 кВ

Зиангиров А.Ф.

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

zinaydar@mail.ru

Науч. рук. доц. Сабитов А.Х.

В данном тезисе представлен анализ режимов работы сети 0,4 кВ методом математического моделирования. Также рассматривается применимость микропроцессорного счетчика в определении места обрыва проводов сети 0,4 кВ.

Ключевые слова: математическое моделирование, Matlab, Simulink, обрыв нейтрали, микропроцессорный счетчик.

Математическое моделирование – один из наиболее достоверных способов изучения работы электрических сетей. Моделирование позволяет заменить сложные, а иногда и невозможные эксперименты на реальных объектах экспериментированием на их моделях. При этом появляется возможность исследовать поведение сети в аварийных ситуациях, а также её реакцию на технологические воздействия [1].

Для математического моделирования сети 0,4 кВ можно пользоваться MATLAB и её пакетами расширений Simulink SimPowerSystems. Эти пакеты представляют собой интегрированную часть MATLAB, позволяющую в полной мере воспользоваться возможностями обработки и визуализации данных. Преимущество работы с Simulink и SimPowerSystems заключается также в применении принципа визуального программирования, согласно которому пользователь может создавать модель устройства и проводить расчеты, выбирая необходимые блоки из библиотеки стандартных компонентов на экране. Это упрощает процесс моделирования по сравнению с классическими методами численных расчетов, так как пользователю не требуется глубокое понимание языков программирования и численных методов [2].

В программном обеспечении Matlab Simulink для анализа режимов работы сети 0,4 кВ была построена её схема с трансформатором 10/0,4 кВ. В ней были заложены следующие элементы:

- 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 и тока.

На схеме также расположен ключ, который имитирует обрыв нейтрального провода. По обе стороны от ключа расположены трансформаторы напряжения для измерения фазных напряжений до и после места обрыва нейтрали [3].

При обрыве нейтрали и при несимметричных нагрузках фазные напряжения до места обрыва практически не менялись. Фазные напряжения после места обрыва, наоборот, менялись согласно загруженности фаз – если фаза была самой нагруженной, то напряжение падало; если менее нагруженной – повышалось; если же нагрузка была равна примерно средней нагрузке ($(P_1+P_2+P_3)/3$), то напряжение оставалось в пределах нормы. Отсюда следует вывод, что значения этих напряжений можно будет применять для определения участка линии, где произошел обрыв нейтрального провода.

Были сняты показания этих фазных напряжений при разных нагрузках на фазах и составлены таблицы для анализа характера их изменения в зависимости от нагрузок. Помимо фазных напряжений было измерено также напряжение нулевой последовательности ($3U_0$) для того, чтобы рассмотреть применимость этой характеристики для составления защиты по принципу – если $3U_0$ выше какого-то порогового значения, то фазные напряжения за пределами нормы. Однако выяснилось, что, например, напряжение $3U_0$ при нагрузках фаз 40, 60, 60 кВт равно 81,9 В и при этом фазные напряжения находятся в пределах нормы. Но если рассматривать $3U_0$ при нагрузках 40, 40, 50 кВт, то оно равно 50,3 В, но фазное напряжение фазы С находится ниже нормы – 206 В. Отсюда следует вывод, что предложенный принцип защиты по $3U_0$ не работоспособен [4].

На схеме, представленной на рисунке, имеются потребители, которые подключены к сети 0,4 кВ. Между потребителями 2 и 3 произошел обрыв нулевого провода. При этом следует отметить, что значения фазных напряжений у потребителей 1 и 2 остаются неизменными, но у 3-го потребителя произойдет перекося фазных напряжений в зависимости от уровня несимметрии нагрузок на фазах.

И эти значения напряжений будут сигнализировать диспетчера о том, что на участке 2–3 линии произошел обрыв провода [5].

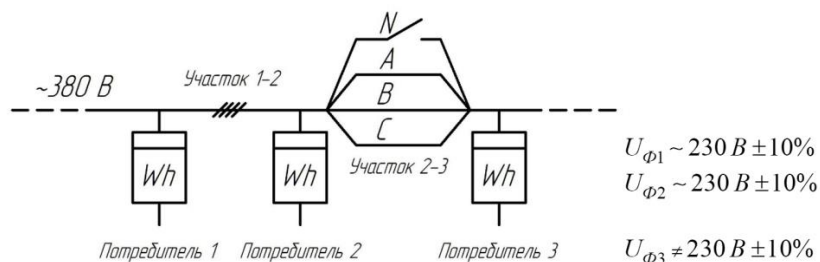


Схема электрической сети 0,4 кВ при обрыве нулевого провода

Таким образом, благодаря использованию программного комплекса Matlab Simulink удалось выяснить, что при возможности мониторинга фазных напряжений вдоль линии (например, при снятии показаний с микропроцессорных счетчиков потребителей электроэнергии) можно выявлять участок линии, на котором произошел обрыв провода.

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. Шуин В.А., Гусенков А.В. Защиты от замыканий на землю в электрических сетях 6–10 кВ. М: НТФ «Энергопрогресс», 2001. 104 с. (Библиотечка электротехника. Вып. 11(35)).
3. Правила устройства электроустановок: 7–е издание (ПУЭ)/ Главгосэнергонадзор России. М.: Изд–во ЗАО "Энергосервис", 2007. 610 с.
4. ГОСТ 32144–2013. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.
5. Зиангиров, А. Ф. Исследование влияния различных схем соединения обмоток трансформатора на напряжения в зависимости от видов нагрузок / А. Ф. Зиангиров, А. Х. Сабитов // Электрические сети: надежность, безопасность, энергосбережение и экономические аспекты: Материалы III Международной научно–практической конференции, Казань, 19 апреля 2023 года / Редколлегия: В.В. Максимов (отв. редактор) [и др.]. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2023. – С. 144–148.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ГЭС

Зюзько В.В., Николаев А.Н., Добросотских А.С.

ФГБОУ ВО СамГТУ, Самара, Россия

vladazyuzko@list.ru, nikolaev1234554321@mail.ru

Науч. рук. доц. Ведерников А.С.

В тезисе доклада рассматривается, как расход электроэнергии на хозяйственные нужды (далее ХН) ГЭС влияет на величину электропотребления системой собственных нужд (СН) без указания принадлежности к конкретной станции. Для определения наличия связи используется регрессионный анализ. Степень связи и ее значимость определяются методами корреляционного анализа.

Ключевые слова: электроэнергия (ЭЭ), электропотребление (ЭП), собственные нужды гидроэлектростанций, оптовый рынок электроэнергии и мощности (ОРЭМ), прогнозирование электропотребления, корреляционный анализ, регрессионный анализ.

Прогнозирование электропотребления – важный фактор в работе ГЭС, т.к. накопление электроэнергии в больших объемах невозможно. Нужно правильно рассчитывать ее количество, необходимое для технологического процесса. Достоинством прогнозирования является то, что предприятие может составить графики ремонтов, проводить расчеты режимов работы и сократить затраты на электроэнергию [1]. Согласно правилам ОРЭМ, потребители обязаны планировать свое потребление. Участники ОРЭМ несут ответственность за электропотребление, объем которого вышел за рамки установленного в соответствии с прогнозом. Отклонение в электропотреблении на 2% и более от установленного влечет к дополнительным расходам. По этим причинам для отрасли электроэнергетики задача эффективного планирования электропотребления системой СН ГЭС в настоящее время является актуальной [1].

Статистические методы являются наиболее перспективными при прогнозировании электропотребления. Их задача – изучение связи между выборками данных, и связь эта носит не функциональный, а вероятностный характер, когда однозначность зависимости выявить нельзя. При изучении вероятностных зависимостей различают корреляцию

и регрессию. Анализ производится на основе данных за 2022 и 2023 годы. Ввиду конфиденциальности данных, они будут опущены и приведены только графически.

Методом регрессии определяются количественные связи между величинами [2]. СН в данном случае – зависимая величина, отклик, а ХН – независимая, фактор. По графикам видно, что проанализировать построенную модель невозможно. Прогнозная модель позволяет определить, что зависимость линейна и нарастает. (рис.1) Уравнение зависимости СН от ХН выражено уравнением регрессии и показано в свободном поле графика.

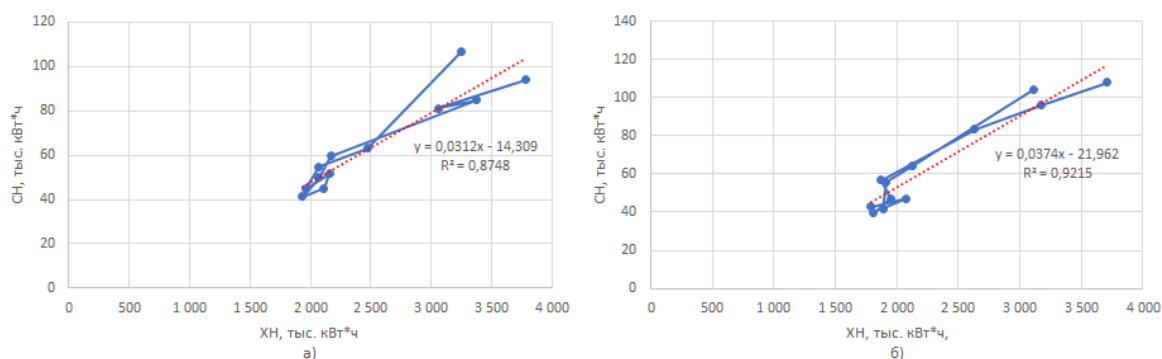


Рисунок 1 – Зависимости между данными за 2022 (а) и 2023 (б) годы

Регрессионный анализ показал распределение данных по нормальному закону. Степень взаимосвязи величин определяется коэффициентом линейной корреляции [2]. Графики расхода электроэнергии на СН и ХН представлены на рис. 2.

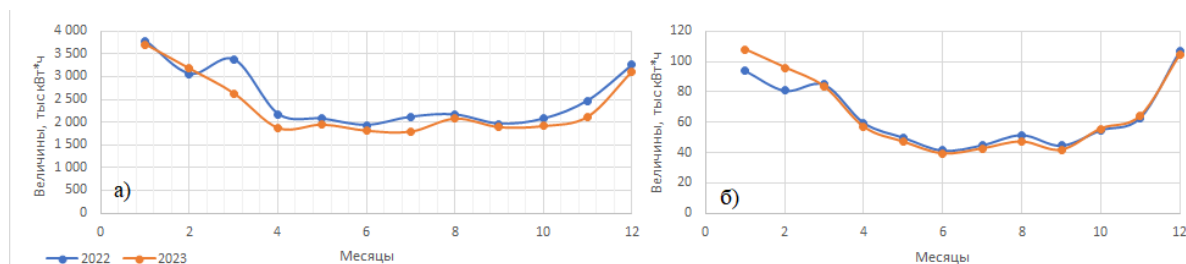


Рисунок 2 – Расход электроэнергии на СН (а) и ХН (б) за 2022 и 2023 годы

Для оценки значимости связи между двумя переменными используется t–статистика Стьюдента, которая оценивает отношение величины линейного коэффициента корреляции к среднему квадратическому отклонению [2]. Коэффициент корреляции r_{xy} , t–критерий статистики Стьюдента были найдены функциями MS Excel (табл.1).

Таблица 1 – Результаты анализа данных, выполненного в MS Excel

Параметры	2022 год	2023 год
r_{xy}	0,935	0,959
Вывод: $r_{xy} \in [+0,91 \text{ до } 1]$, сильная корреляционная связь.		
t–статистика Стьюдента, t–критерий Стьюдента		
$t_{расч} = \frac{r_{xy} \cdot \sqrt{n - 2}}{\sqrt{1 - r_{xy}^2}}$	8,35	10,832
t	$\alpha = 0,05$ (доверительная вероятность)	$n-2 = 10$ (число степеней свободы)
	2,23	
$t_{расч} > t$, r_{xy} значим, практически невероятно, что значение обусловлено случайными совпадениями величин. $t_{расч} < t$, величины независимы.		
Вывод: между переменными существует связь, которая не является случайной.		

Электропотребление системой СН ГЭС зависит от расхода ЭЭ на ХН. Аналогично можно определить, как на величину ЭП влияет генерация ГЭС, характеристики генерирующего оборудования, мощности основных потребителей системы СН ГЭС, а также внешние параметры [3].

Источники

1. Орлов Д.В. Методы прогнозирования электропотребления / Д.В. Орлов, А.В. Таран, Е.В. Зиновьев, Д.Г. Мумладзе // Евразийский союз ученых – публикация статей в ежемесячном научном журнале. Технические науки. 2015.
2. Пустыльник, Е.И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений / Е.И. Пустыльник. – М.: Наука, 1968. – 288 с.
3. Макоклюев Б.И. Анализ и планирование электропотребления / Б.И. Макоклюев. – М.: Энергоатомиздат, 2008. –296 с.

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ТРАНСФОРМАТОРЫ.

Казаев А.Е., Гиззатова И.Д.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
andrey.5538@mail.ru

В данном тезисе рассматриваются конструктивные особенности, принципы работы и области применения измерительных трансформаторов. Описаны основные типы измерительных трансформаторов, включая трансформаторы тока и напряжения, их роль в системах электроснабжения и измерительных цепях.

Ключевые слова: измерительные трансформаторы, напряжение, электроснабжение, ЭДС, электроэнергетика.

Измерительные трансформаторы являются важным элементом энергетических систем, обеспечивающим безопасное и точное измерение параметров электроэнергии. Они используются для уменьшения высоких напряжений и токов до уровней, пригодных для измерения, защиты и управления. Данная статья освещает конструкцию, виды и применение измерительных трансформаторов, а также их роль в современных энергетических системах.

Измерительные трансформаторы — это устройства, предназначенные для преобразования переменных токов и напряжений высокого уровня в меньшие значения, которые могут быть безопасно измерены стандартными приборами. Они выполняют две основные функции:

- обеспечение безопасности для обслуживающего персонала и измерительной аппаратуры;
- обеспечение высокой точности измерения параметров электрической сети.

Измерительные трансформаторы делятся на два основных типа:

- трансформаторы тока – для преобразования значений тока;
- трансформаторы напряжения – для преобразования значений напряжения.

Трансформаторы тока (ТТ) используются для понижения высоких токов до значений, удобных для измерения, защиты и автоматизации. Их основная функция — изоляция измерительных приборов от высокого напряжения и обеспечение их безопасной работы [1].

Основные характеристики трансформаторов тока включают:

- номинальный первичный и вторичный ток: например, первичный ток 1000 А может быть понижен до 5 А или 1 А;
- класс точности: точность важна для корректной работы измерительных устройств и учета электроэнергии;

Трансформаторы тока применяются в системах релейной защиты, а также для измерений и контроля в промышленных и распределительных сетях.

Трансформаторы напряжения (ТН) предназначены для понижения высокого напряжения до уровня, безопасного для измерительных устройств. Их конструкция схожа с обычными трансформаторами, однако они рассчитаны на высокую точность преобразования напряжения.

Особенности трансформаторов напряжения:

- номинальные первичное и вторичное напряжения: например, 110 кВ первичного напряжения может быть понижено до 100 В или 110 В на вторичной стороне;
- классы точности: аналогично трансформаторам тока, точность измерений является критически важной для правильного учета и контроля электроэнергии.

Трансформаторы напряжения широко используются в системах автоматизации, мониторинга и учета энергии.

Измерительные трансформаторы находят применение во многих областях электроэнергетики: с их помощью снимаются показания тока и напряжения для учета электроэнергии и контроля параметров сети; трансформаторы тока и напряжения играют ключевую роль в работе устройств релейной защиты, обеспечивая точные данные для своевременного отключения неисправных участков сети; интеграция измерительных трансформаторов в системы автоматизированного управления помогает повысить надежность и эффективность работы энергетических систем [2].

С развитием технологий повышаются требования к точности и надежности измерительных трансформаторов. Ведутся исследования в области разработки новых материалов и конструкций, которые позволят улучшить эксплуатационные характеристики трансформаторов [3]. Среди актуальных направлений можно выделить:

1. Оптические измерительные трансформаторы: они обладают высоким уровнем точности и более устойчивы к электромагнитным помехам;

2. Цифровые измерительные трансформаторы: с ростом автоматизации энергетических систем возникает потребность в цифровых устройствах для интеграции в умные сети (smart grid), что позволяет повысить эффективность и надежность измерительных систем.

Рассмотрим основные проблемы, связанные с эксплуатацией измерительных трансформаторов.

Со временем изоляционные материалы трансформаторов могут деградировать, что приводит к необходимости частого технического обслуживания и замены оборудования.

В условиях ужесточения требований к учету электроэнергии возрастают требования к точности измерительных приборов, что ставит новые вызовы перед производителями трансформаторов [4].

Измерительные трансформаторы являются ключевыми элементами систем электроснабжения, играющими важную роль в обеспечении безопасности, точности измерений и надежности энергосистем [5]. Современные тенденции, такие как внедрение цифровых и оптических трансформаторов, позволяют улучшать их характеристики и решать возникающие проблемы эксплуатации. Улучшение технологии производства и разработка новых конструкций способствует дальнейшему развитию энергосистем, повышению их эффективности и безопасности.

Источники

1. Воропай Н. И., Измерительные трансформаторы в электроэнергетике, М.: Энергоатомиздат, 2019.
2. Семенов В. П., Трансформаторы тока и напряжения: Теория и практика, М.: Энергия, 2017.
3. Трофимов А. А., Релейная защита и автоматика: Использование измерительных трансформаторов, СПб.: Питер, 2020.
4. Иванов П. И., Современные тенденции в разработке измерительных трансформаторов, Журнал "Энергетика", 2022.
5. Камалов, И. Р. Контрольно–измерительное оборудование – мониторинг подстанций и других энергообъектов / И. Р. Камалов, В. В. Максимов // 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. 286–287.

АВТОМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ ГИДРОТУРБИН КАК ИНСТРУМЕНТ ПЕРВИЧНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТЫ НА ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ И ИХ ВЫБОР В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА ГИДРОТУРБИН

Калентьева Н.Е., Мухаметжанов Р.Н.

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

nataliakalenteva@yandex.ru, ruustem@yandex.ru

В тезисе приведены принципы регулирования частоты на станциях, типы регуляторов скорости вращения, а также же влияние типа турбин на выбор автоматических регуляторов скорости.

Ключевые слова: гидроэлектростанция, гидротурбины, автоматические регуляторы скорости вращения турбины, частота, автоматика ограничения повышения частоты

Автоматические регуляторы скорости (АРС) играют ключевую роль в обеспечении стабильной работы гидроэлектростанций (ГЭС), регулируя частоту вращения турбин в зависимости от потребностей энергосистемы. Они обеспечивают надежность и эффективность работы, а также защищают оборудование от перегрузок и колебаний.

Первичное регулирование частоты на ГЭС осуществляется с помощью автоматических систем, которые реагируют на изменения частоты в энергосистеме. ГЭС имеют уникальные преимущества в этом контексте благодаря своей способности быстро изменять выработку электроэнергии [1].

Автоматика ограничения повышения частоты

Основные компоненты автоматики ограничения повышения частоты:

- Датчики частоты: устанавливаются для постоянного мониторинга частоты генерации. Они отправляют данные в систему управления.
- Контроллеры: Эти устройства обрабатывают информацию от датчиков и сравнивают фактическую частоту с установленным пределом. Если частота превышает допустимое значение, контроллер инициирует меры по её снижению.
- Активация ограничителей: В случае превышения частоты контроллер активирует системы ограничения, которые могут включать:

- Регулирование угла лопаток турбины: Уменьшение подачи воды на турбины для снижения выработки электроэнергии.
- Отключение генераторов: В случае критического превышения частоты может быть отключен один или несколько генераторов [2].

Влияние типа гидротурбин на выбор АРС

Выбор автоматического регулятора скорости зависит от типа гидротурбины, используемой на станции. На отечественных гидростанциях используются несколько основных типов гидротурбин, которые адаптированы к различным условиям эксплуатации и напорам. Вот наиболее распространенные из них:

1. Францис (Francis). Это универсальные радиально–осевые турбины, которые работают эффективно при различных напорах (от низких до средних). Широко используются на большинстве гидростанций в России, благодаря своей гибкости и высокой эффективности.

2. Пелтон (Pelton). Импульсные турбины, которые работают на высоких напорах. Они используют струи воды, которые воздействуют на ведра (лопасти) на колесе турбины. Применяются на станциях с большим перепадом высоты, таких как на Кавказе и в Сибири.

3. Каплан (Kaplan). Бегунковые турбины, предназначенные для низких напоров и больших расходов воды. Используются на малых и средних реках, где напор низкий, например, на реках с равнинным рельефом.

4. Бульбо (Bulb). Это разновидность капланов, которые имеют горизонтальное расположение и могут работать на очень низких напорах. Применяются на станциях с небольшими перепадами высоты, часто используются в системах насосного хранения.

5. Смешанные (Mixed–flow). Эти турбины могут работать как в радиальном, так и в осевом режиме, что делает их универсальными для различных гидрологических условий. Встречаются реже, но могут быть использованы в специфических условиях, где требуется высокая адаптивность [3].

АРС для каждой из этих турбин разрабатывается с учетом их специфики. Например, для Пелтонов важна быстрая реакция на изменения нагрузки, так как они должны мгновенно реагировать на колебания потока воды. Францисы и Капланы требуют более плавного регулирования, чтобы избежать резких колебаний частоты [3].

В Татарстане единственная гидроэлектростанция – Нижнекамская ГЭС, расположенная на реке Кама, является одной из значимых

гидроэлектростанций России. Она была построена в 1976 году и играет важную роль в обеспечении электроэнергией региона. На Нижнекамской ГЭС установлены турбины Францис и Каплан. Это поворотно–лопастные турбины, также известные как *регулируемые лопастные турбины* или *турбины с регулируемыми лопастями*, относятся к типу гидротурбин, в которых угол наклона лопастей может изменяться в процессе работы. Это позволяет эффективно адаптироваться к изменяющимся условиям потока воды и нагрузке [4]. Турбины Францис работают при среднем и высоком напоре, обеспечивая высокую эффективность. Турбины Каплан используются при более низком напоре и позволяют регулировать угол наклона лопастей для оптимизации производительности.

Для поворотно–лопастных турбин, используемых на ГЭС, применяется АРС типа "пропорционально–интегрально–дифференциальный" (ПИД–регулятор). Этот тип регулятора обеспечивает эффективное управление частотой вращения турбин и, соответственно, выработкой электроэнергии [5].

АРС являются незаменимым элементом в работе автоматики ограничения частоты, которая предотвращает выход из работы станции и серьезные аварии в энергосистеме Татарстана.

Особенности:

Регулирование угла лопаток: АРС контролирует угол поворотных лопаток, что позволяет изменять гидравлическое сопротивление и, таким образом, регулировать мощность, вырабатываемую турбиной.

Высокая скорость реакции: ПИД–регуляторы обеспечивают быструю реакцию на изменения в нагрузке и частоте, что критически важно для поддержания стабильности работы.

Компенсация колебаний: регуляторы используют алгоритмы, которые помогают компенсировать колебания частоты, поддерживая её на заданном уровне [6].

Можно сделать вывод, что выбор АРС зависит от типа гидротурбины, используемой на ГЭС, поскольку различные типы турбин имеют свои особенности в работе, требующие различных подходов к регулированию. В нашем случае для турбин Франциса и Каплана, которые работают при среднем и низком напоре, важно обеспечить более плавное и устойчивое регулирование, поэтому следует применять более сложные системы – ПИД–регуляторы. Таким образом, тип АРС должен быть тщательно согласован с характеристиками турбины, чтобы обеспечить оптимальную работу станции и минимизировать риск аварийных ситуаций.

Источники

1. ГОСТ Р 59373–2021. Автоматическое противоаварийное управление режимами энергосистем. Устройства автоматики ограничения повышения частоты. Нормы и требования. Москва, Стандартинформ, 2021 г.
2. ГОСТ Р 55105–2019. Автоматическое противоаварийное управление режимами энергосистем. Противоаварийная автоматика энергосистем. Нормы и требования. Москва, Стандартинформ, 2020 г.
3. K. B. Zadeh, Automatic Control Systems. Pearson, 2021 г.
4. IEEE Standard C37.94, «IEEE Guide for the Protection of Electric Power Systems». IEEE, 2019 г.
5. Меркурьев Г.В., Шаргин Ю.М. Устойчивость энергосистем. 2016 г.
6. Стандарт организации ОАО РАО «ЕЭС РОССИИ». Регулирование частоты и перетоков активной мощности в ЕЭС и изолированно работающих энергосистемах России. Требования к организации и осуществлению процесса, техническим средствам. 2020 г.
7. Воркунов, О.В. Надежность автоматизированных систем коммерческого учета электроэнергии / О. В. Воркунов, Г. Ф. Галимова // Современные тенденции развития науки и мирового сообщества в эпоху цифровизации: Сборник материалов VII Международной научно–практической конференции. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "ИРОК", ИП Овчинников Михаил Артурович (Типография Алеф), 2022. – С. 191–194.

ПРОБЛЕМА ПАДЕНИЯ И ПОТЕРИ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Канашов Д. В., Наумов О. В.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г.Казань, Республика Татарстан
daniilkanasov@gmail.com

В современном мире электрические сети играют ключевую роль в обеспечении стабильной работы различных отраслей экономики, инфраструктуры и быта человека. Однако, одной из основных проблем, с которыми сталкиваются эксплуатационные службы электросетей, является проблема падения напряжения и потери напряжения в электрических сетях. В работе рассматривается физический механизм процесса падения напряжения и определяются основные факторы, влияющие на его величину. К ним относятся: характеристики электрической сети (напряжение, ток, сопротивление), режим эксплуатации оборудования, климатические условия и другие.

Ключевые слова: Падение и потери напряжения, энергосети, нагрузка, электрические сети.

Проблема падения напряжения и потерь в электрических сетях представляет собой одно из наиболее актуальных и значимых направлений исследований в электроэнергетике. Недостаточное или нестабильное напряжение в электрических сетях может привести к снижению качества услуг, неисправностям оборудования, а также к потере ресурсов и энергии. Поэтому изучение причин и методов предотвращения падения напряжения и потерь в сетях является ключевым для обеспечения надежного и эффективного функционирования электроэнергетики [1].

Основные причины падения напряжения и потерь в электрических сетях. Одной из главных причин является недостаточная емкость трансформаторов и прочего оборудования для обеспечения требуемого уровня напряжения на высоких нагрузках. Также несбалансированные нагрузки, перегрузки и неисправности в сети могут значительно увеличивать потери энергии и приводить к снижению напряжения.

Оптимизация режимов работы сетей, использование современных технологий автоматизации и мониторинга, а также регулярное техническое обслуживание оборудования позволяют снизить риск возникновения проблем с напряжением и потерями в электрических сетях.

Падение напряжения в линии ЛЭП:

Одной из глобальных причин понижения напряжения является недостаточная мощность электрогенерации и электротрансформации в регионе. Недостаточное финансирование электрической отрасли с одной стороны и бурный рост потребления электроэнергии в последние годы с другой стороны приводит к проблемам с качеством электроснабжения.

Повлиять на решение данной проблемы мы практически не можем, единственное решение в этой ситуации — покупка и установка повышающего стабилизатора напряжения.

Низкая мощность распределительного трансформатора или неправильная его настройка. Часто бывает так. К одному трансформатору было подключено определенное количество потребителей и проблем с качеством электроэнергии не было. Потом к этому же трансформатору или подстанции подключаются еще новые дома, и мощность его оказывается недостаточной, это приводит к понижению напряжения во всей подключенной сети. Такое явление часто наблюдается в дачных поселках, и напряжение в 180, 170, 160 и даже 150 Вольт там не редкость.

Наиболее правильный метод решения — замена трансформатора на более мощный. Но для этого нужно иметь общее решение всех потребителей и финансовые возможности. Индивидуально решить проблему в этом случае можно путем установки повышающих стабилизаторов напряжения на весь дом или нужную группу приборов.

Исследование проблемы падения напряжения и потерь в электрических сетях позволяет сделать вывод о необходимости постоянного контроля и оптимизации работы электроэнергетических систем. Эффективное управление нагрузками, модернизация оборудования и внедрение новых технологий играют ключевую роль в обеспечении стабильного и качественного электроснабжения.

Таким образом, дальнейшие исследования в области падения напряжения и потерь в электрических сетях будут способствовать повышению надежности сетей, сокращению эксплуатационных затрат и повышению эффективности электроэнергетики.

Источники

1. Техничко–экономическое обоснование применения современных типов проводов для воздушных линий электропередачи / О. В. Воркунов, Л. В. Долomanюк, В. В. Максимов, А. И. Хаертдинова // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2024. – Т. 8, № 9(150). – С. 23–28.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗО–ПОРШНЕВЫХ МИНИ ТЭС ПОСРЕДСТВОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Куликова Д., Галиев И.Ф., Гарифуллин М.Ш.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

julia.zimoveva.11@gmail.com, galievi.f@list.ru, g_marsels@mail.ru

В статье проведено исследование показателей эффективности газо–поршневых установок мини-ТЭС разных производителей посредством моделирования основных технико–экономических параметров. В условиях растущего спроса на электроэнергию и необходимости перехода к более экономичным и эффективным технологиям, газо–поршневые установки мини-ТЭС становятся все более востребованными на рынке распределенной генерации. В работе произведён сравнительный анализ эксплуатационных характеристик мини-ТЭС, включая их нагрузку и выработку электроэнергии.

Ключевые слова: мини-ТЭС, модель эффективности, нагрузка, исследование показателей, электроэнергия, расчетная модель.

Эффективность газо–двигательной мини-ТЭС можно оценивать через призму технических, экономических и даже экологических факторов. Разработка расчётной модели потребует глубокой аналитики и тщательного подхода к сбору данных и их обработке. Это позволит оптимизировать работу станций и сделать их более конкурентоспособными на рынках электрической и тепловой энергии. Эффективное использование установок мини-ТЭС может значительно повысить энергетическую независимость регионов и сократить расходы на электроэнергию в региональных бизнес–процессах. Моделирование и анализ различных сценариев эксплуатации позволят глубже понять динамику работы этих систем энергетики и выявить оптимальные пути их использования.

Исследование показателей эффективности установок газо–поршневых мини-ТЭС является актуальной задачей с точки зрения оптимизации энергетических систем и повышения показателей надежности и устойчивости энергоснабжения. Газо–поршневые мини-ТЭС представляют собой компактные установки, которые могут использоваться для генерации электрической и тепловой энергии с высокой

эффективностью, особенно в районах, где централизованное энергоснабжение затруднено или нецелесообразно.

Разработка расчётной модели эффективности газо–двигательной мини-ТЭС требует учёта многих факторов, включая технико–экономические характеристики оборудования, свойства сжигаемого топлива, режимы работы и характеристики прилегающих электрических и тепловых распределительных сетей.

Целью нашей расчётной модели является определение основных показателей эффективности работы мини-ТЭС, анализ экономической целесообразности ее применения для когенерации в каждом конкретном случае. Задачи предполагают выбор установок производителей для объекта с необходимыми параметрами и учётом: стоимости комплекса оборудования и его монтажа; анализа ежегодных затрат и нормы прибыльности, сроков окупаемости. Для оценки эффективности были выбраны такие параметры как мощность газо–поршневых двигателей, их КПД на конкретном виде топлива, его расход, рабочие технологические параметры, режимы работы двигателя (пиковый, базовый, технологический минимум), показатели надёжности, длительность рабочего и ремонтного периодов, график нагрузок и другие.

Также необходимо было провести анализ чувствительности нашей модели при оценке влияния изменения ключевых параметров на эффективность работы мини-ТЭС. Это могут быть изменения стоимости топлива, снижение показателей и технических характеристик двигательной установки, а также рыночных условий.

Для построения нашей модели эффективности использовано приложение программы Excel, так как с помощью него достаточно легко обработать массивы входных данных и вывести результаты расчёта и, что немаловажно, удобство работы. Для расчётных построений были использованы: расчёты технических (определение объёма выработки электроэнергии (ЭЭ) и тепла, основанное на характеристиках двигателя и режимах его работы) и экономических показателей (себестоимости электроэнергии и тепла, срока окупаемости инвестиций, чистой приведённой прибыли).

Для исследования зависимости показателя выработки энергии от показателей надёжности были использованы исходные данные установок (электрическая мощность, число часов её использования в году, общее число мото–часов и годовой объем выработанной электро– и тепловой энергии в год). По результатам расчётов были построены зависимости, рис.1.

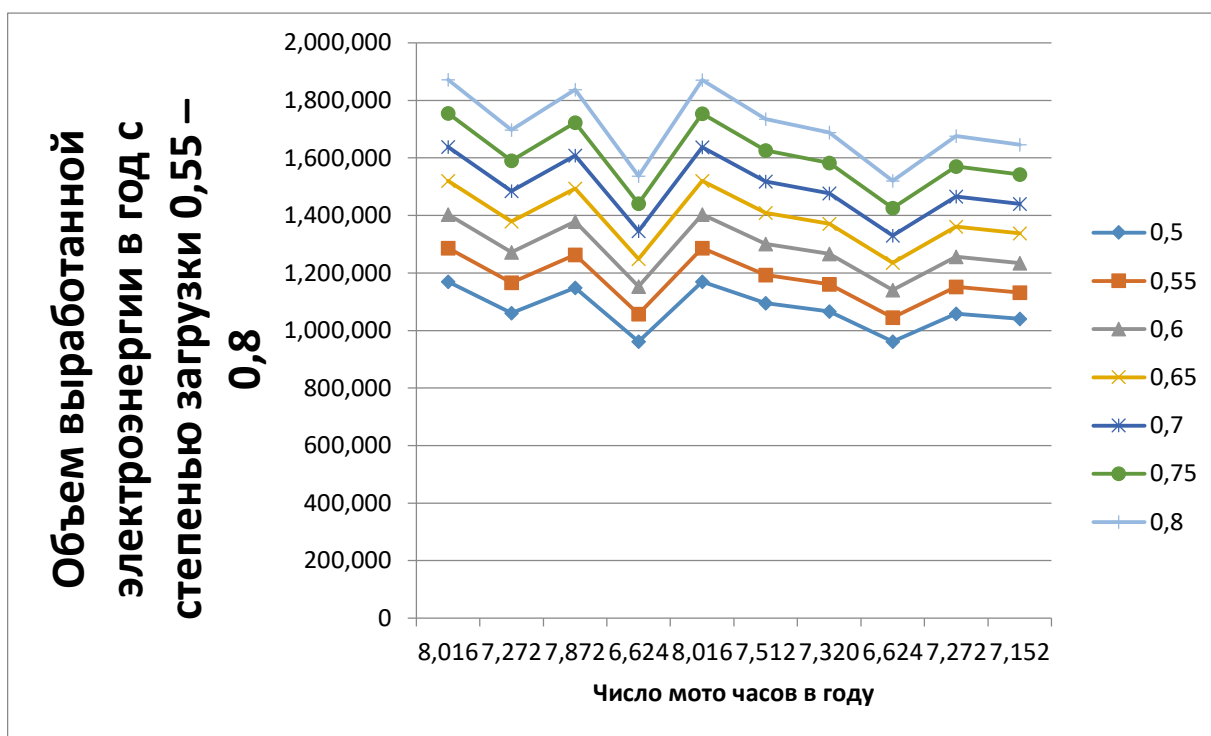


Рис. 1. Выработка ЭЭ в зависимости от степени загрузки и числа мото-часов.

В большей степени на объемы выработанной ЭЭ и тепла оказывает степень загрузки установки, которая была выбрана в диапазоне значений от 0,5 до 0,8 от максимальной. Чем выше значение коэффициента технического использования, тем более выраженными становятся влияние внешних факторов на внутренние характеристики и показатели исследуемого объекта. Это проявляется в углублении кривых, отражающих зависимости между выработкой и числом моточасов, на которое оказывает непосредственное влияние отказы и вынужденные простои оборудования, плановые и неплановые ремонты.

Таким образом, углубления линий свидетельствуют о степени влияния (чувствительности) к воздействиям отказов и ремонтов установок в течение календарного года на величину общей выработки ЭЭ. В контексте теории устойчивости и прочности деталей машин, увеличение коэффициента загрузки выше оптимального (75–80% от максимальной мощности) может также привести к возникновению явлений, связанных с потерей прочности деталей и узлов газо-поршневого двигателя, таких как локальная деформация или координация трещинообразования, что является критически важным для оценки долговечности и надежности последних.

Источники

1. Эффективность использования оборудования: методика оценки ОЕЕ и способы повышения производительности <https://adeptik.com/blog/effektivnost-ispolzovaniya-oborudovaniya/> (дата обращения: 15.02.2024)
2. Богуцкий В.Б. Определение параметров переналадки подсистем механообрабатывающих модулей в производственных условиях // Theoretical & Applied Science. 2019. No11 (79). С.201–208.
3. Богуцкий В.Б. Шрон Л.Б. Оценка стабильности технологического процесса обра–ботки с использованием статистического анализа // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2019. No6 (338). С. 32–40.
4. Евланников Д.Л. Инженерный подход к календарному планированию этапа комплексной отладки программного обеспечения информационно–управляющих систем // Системы управления и обработки информации. 2016. Вып. 1 (32). С. 66–73.
5. Мищенко В.Я., Емельянов Д.И., Тихоненко А.А. Разработка методики оптимизации распределения ресурсов в календарном планировании строительства на основе генетических алгоритмов // Промышленное и гражданское строительство. 2013. No 11. С. 76–78.

СОЗДАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ГЭС

Ласточкина А.М.

ФГБОУ ВО «СамГТУ» г. Самара, Россия

Науч. рук. доц. Ведерников А.С.

В тезисе рассмотрены законодательство в сфере оптового рынка электроэнергии и мощности, основные способы математического моделирования, в том числе наиболее современные, а также обоснован выбор наиболее подходящей математической модели.

Ключевые слова: модель, оптовый рынок электроэнергии и мощности, прогнозирование, гидроэлектростанции.

В целях улучшения экономических и технологических параметров энергосистемы каждый крупный покупатель электроэнергии обязан ее закупать на оптовом рынке электроэнергии и мощности (ОРЭМ) [1].

В настоящий момент правила работы ОРЭМ в Постановлении Правительства Российской Федерации от 31 августа 2006 г. № 529 «О совершенствовании порядка функционирования оптового рынка электрической энергии (мощности)» [2].

Вследствие того, что гидроэлектростанции (ГЭС) не только вырабатывают, но и потребляют большое количество электроэнергии на собственные нужды (СН) – в среднем до 3% от установленной мощности электростанции, ГЭС также вынуждены участвовать в рамках ОРЭМ как покупатель и продавец, и они участвуют во всех этапах работы ОРЭМ. В то же время функционирование оптового рынка электроэнергии предполагает, что потребители собственноручно составляют краткосрочные прогнозы электропотребления.

Особенность режимов работы гидроэлектростанций заключается в том, что они более манёвренны в рамках функционирования энергосистемы, что позволяет их использовать для регулирования режимов систем, а также то, что они в некоторой степени более зависимы от окружающих условий, чем, например, тепловые электростанции. В то же время, вырабатываемая энергия на гидроэлектростанциях является только электрической, что позволяет избегать зависимости от технологических процессов по выдаче пара, как у тепловых электростанций. Таким образом, по ряду причин

невозможно использовать модели любых других типов электростанций для ГЭС.

Существующие на данный момент методы прогнозирования являются в большей степени статистическими и не позволяют учитывать множество параметров, которые оказывают существенное влияние на затрачиваемую на собственные нужды энергию.

В последние годы активно развивается проектирование различных искусственных нейронных сетей (ИНС), которые представляют собой структуры, состоящие из искусственных нейронов, определенным образом связанных друг с другом и внешней средой с помощью связей [1]. При этом каждая связь имеет определённый коэффициент (вес), на который умножается поступающее через него значение [3].

Несмотря на множество преимуществ классических методов прогнозирования, открытым остается вопрос выбора архитектуры и настройки параметров нейронных сетей. Для каждой конкретной ГЭС придется создавать собственную ИНС и обучать ее на исторических параметрах именно этой электростанции, при этом часть параметров, существенных для одной электростанции, могут оказаться несущественными для другой. Причиной этому могут служить различные факторы, например особенности климатических условий и географического расположения в целом.

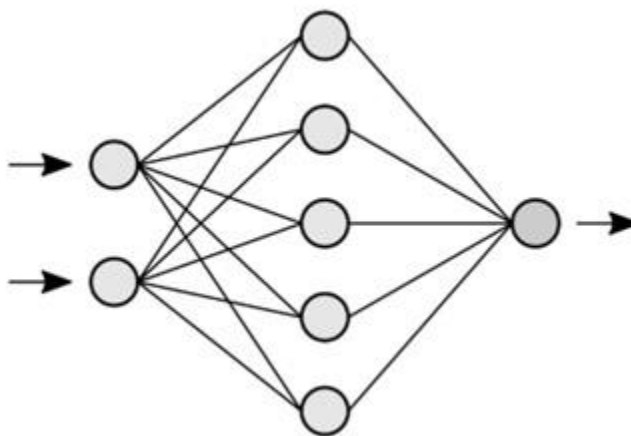


Схема простейшей ИНС

Для прогнозирования режимов собственных нужд гидроэлектростанций наиболее предпочтительными являются рекуррентные нейронные сети. В них реализована «память», позволяющая обрабатывать последовательность данных любой длины. В то же время этот тип нейронных сетей можно обучать с учителем и без — с подкреплением, что позволяет эффективно обучать рассмотренную

нейронную сеть. Основное преимущество рекуррентных нейронных сетей над многослойными персептронами заключается в наличии дополнительного контекстного слоя, что позволяет анализировать данные, в которых важна их последовательность.

Хеббиаанское обучение относится к неконтролируемому обучению и следует принципу, известному как "нейроны, которые запускаются вместе, соединяются проводами". Это означает, что сила связи между нейронами меняется в зависимости от того, как часто они активируются. Когда связь между двумя нейронами активируется часто, ее вес увеличивается, и наоборот: когда активация происходит реже, вес. В Хеббиаанском обучении процесс обучения управляется паттернами активности, которые происходят при заданных входных данных, что позволяет самоорганизацию сети и не требует явных обучающих сигналов. При контролируемом или усиленном обучении желаемое поведение вознаграждается, в то время как нежелательное наказывается.

При автономном обучении модель обучается со всем набором данных в одном пакете. В отличие от автономного, при онлайн-обучении процесс обучения начинается с каждой вновь полученной точки данных, что обеспечивает непрерывное обучение.

Источники

1. Хомутов С.О., Серебряков Н.А. Создание нейросетевой математической модели краткосрочного прогнозирования электропотребления электротехнического комплекса участка районных электрических сетей 6–35 кВ // ИТСТ. 2020. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sozdanie-neyrosetevoy-matematicheskoy-mode-kratkosrochnogo-prognozirovaniya-elektropotrebleniya-elektrotehnicheskogo-kompleksa> (дата обращения: 15.02.2024).
2. Постановление Правительства РФ от 31.08.2006 N 529 (ред. от 04.09.2015) "О совершенствовании порядка функционирования оптового рынка электрической энергии (мощности)"
3. Нейронная сеть (Neural network) // Loginom Wiki URL: <https://wiki.loginom.ru/articles/neural-network.html> (дата обращения: 15.03.2024).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КАБЕЛЬНОЙ ЛИНИИ, КАК ОСНОВЫ АЛГОРИТМА ОБНАРУЖЕНИЯ МЕСТА ЕЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ

Логунов А.В., Шлык Ю.К.

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», г. Тюмень, Россия

logunovav97@mail.ru, shlyk53@mail.ru

В работе предложен подход к определению фактических параметров кабельной линии с использованием АЧХ и ФЧХ характеристик, полученных в ходе экспериментального исследования и расчетов в программном комплексе Wolfram Mathematica. Представлены результаты цикла экспериментов с реальным однофазным кабелем в диапазоне частот от 1 кГц до 1 МГц с использованием измерителя иммитанса E7–20.

Ключевые слова: первичные параметры линии, кабельная линия, экспериментальное исследование, определение места повреждения, волновое сопротивление, коэффициент распространения, частотные характеристики.

Быстрое и точное определение места повреждения в кабельных линиях является сложной задачей из-за их подземной прокладки и широкой разветвленности. Это требует значительных ресурсов на поиск и устранение повреждений, что увеличивает время восстановления электроснабжения и общие затраты на обслуживание сети [1]. В этих условиях разработка новых эффективных методов определения места повреждения (ОМП) в кабельных линиях электропередачи представляет собой актуальную и важную задачу.

Решение этой задачи напрямую зависит от правильности определения исходных данных по характеристикам кабельных линий, так как они, будучи встроенными в алгоритмы и математические модели методов ОМП, непосредственным образом влияют на точность результатов [2–5]. При этом паспортные данные заводов изготовителей кабелей не всегда корректно и полно отражают их фактические параметры или имеют существенные диапазоны их допустимого отклонения. Поэтому задача определения фактических параметров кабельных линий для применения в рамках алгоритмов ОМП является не менее важной и актуальной.

Зависимость первичных погонных и вторичных параметров кабельной линии описывается известными формулами [6]:

$$Z_B = \sqrt{\frac{R_0 + j\omega L_0}{G_0 + j\omega C_0}} = z_B \cdot e^{j\varphi_B}, \quad \gamma = \sqrt{(R_0 + j\omega L_0) \cdot (G_0 + j\omega C_0)} = \alpha + j\beta. \quad (1)$$

В свою очередь вторичные параметры определяются из опытов холостого хода и короткого замыкания линии:

$$Z_B = \sqrt{Z_{KЗ} \cdot Z_{XX}}; \quad \text{th}(\gamma l) = \sqrt{\frac{Z_{KЗ}}{Z_{XX}}}. \quad (2)$$

Была разработана методика и схема проведения экспериментальной части исследования по определению фактических параметров кабельной линии с помощью измерителя иммитанса Е7–20. В качестве объекта исследования был выбран двухжильный кабель марки КММц сечением $2 \times 0,35 \text{ мм}^2$, длиной 100 метров, производства компании «Щучинский завод «Автопровод». Общий вид экспериментальной установки представлен на рисунке 1.



Рис. 1. Общий вид экспериментальной установки

В докладе приводятся полученные экспериментальные графики амплитудо– и фазочастотных характеристик входного и волнового сопротивления линии, частотных зависимостей вторичных параметров кабельной линии. В качестве примера на рисунке 2 представлены графики зависимостей комплексных значений волнового сопротивления Z_B и постоянной распространения γ от частоты.

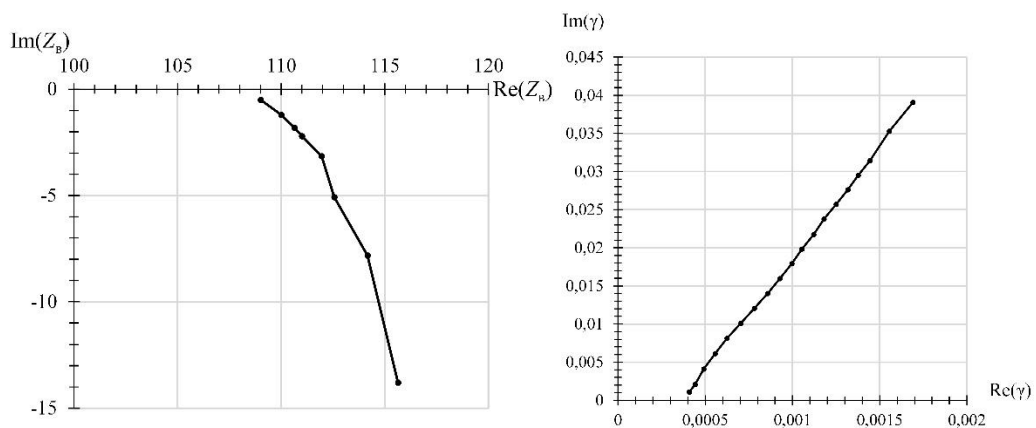


Рис. 2. Графики зависимостей $Z_b(f)$ и $\gamma(f)$

Для значения частоты $f = 200$ кГц с помощью программного комплекса Wolfram Mathematica были рассчитаны фактические значения первичных погонных параметров испытуемой кабельной линии, которые составили: $R_0 = 0,14$ Ом/м, $L_0 = 7,344 \cdot 10^{-7}$ Гн/м, $C_0 = 56,73 \cdot 10^{-12}$ Ф/м, $G_0 = 8,07 \cdot 10^{-7}$ См/м.

Полученные зависимости дают возможность оценить в каком частотном диапазоне можно определить параметры линии наиболее точно, выбрать те их числовые значения, при которых алгоритм определения места повреждения будет максимально эффективным. Данные результаты будут использованы на следующих этапах исследований по определению места повреждения кабельной линии.

Источники

1. Аржанников, Е.А. Методы и приборы определения мест повреждения на линиях электропередачи – М.: НТФ «Энергопресс», 1998. – 87 с.
2. Шлык, Ю. К. Установившийся режим работы кабельной линии с локальной неоднородностью // Промышленная энергетика. – 2022. – № 7. – С. 2 – 9.
3. Логунов, А. В. Разработка модели кабельной линии с повреждением на основе теории четырехполюсников с переменной топологией // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2023. – Т. 66, № 3. – С. 48–54.
4. Логунов, А. В. Разработка алгоритма определения места повреждения кабельной линии с использованием ее амплитудно–фазовых координатных характеристик // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2023. – Т. 25, № 3. – С. 93–104.
5. Хренков, Н.Н. Расчёт и измерение ёмкости двухжильных кабелей // Кабели и провода. – 2022. – № 4(396). – С. 23–29.
6. Атабеков, Г. И. Теоретические основы электротехники, ч.1. Линейные электрические цепи, изд.4–е, М.: Энергия, 1970. – 592 с.: ил.

КОММУТАЦИОННАЯ АППАРАТУРА НА ПОДСТАНЦИИ

Маликова Л.В.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г.Казань

leysan.malikova.2003@mail.ru

Науч. рук. доц. Гиззатова И.Д.

В данной статье автор привел обзор важности и применения коммутационных аппаратур. Их разделение, типы, виды, а также назначение и область применения на подстанциях.

Ключевые слова: коммутационная аппаратура, выключатели, автоматические выключатели, электрические сети, электрические цепи.

Коммутационные аппаратуры – это устройства, предназначенные для включения, отключения и переключения (коммутации) электрических цепей и проведения тока. Их используют для включения и отключения электрической цепи и снятия нагрузки с части электроустановки, а также для ее заземления.

Коммутационная аппаратуры так же используется для распределения электрического тока на электростанциях, подстанциях, в электрических сетях.

Функционально коммутационные аппараты можно разделить на два основных типа: размыкающие и замыкающие. Размыкающие аппараты (выключатели) предназначены для прерывания электрической цепи при возникновении аварийных ситуаций или при необходимости проведения ремонтных работ. Замыкающие аппараты (контакторы) используются для коммутации цепей в нормальном режиме работы подстанции [1].

Различаются на аппаратуры высокого напряжения (более 1кВ) – разъединители, отделители и высоковольтные выключатели (воздушные, масляные, элегазовые и вакуумные) и низкого напряжения (до 1 кВ) – командные аппараты, автоматические выключатели, предохранители–разъединители.

1. Высоковольтные выключатели

Высоковольтные выключатели являются ключевыми элементами подстанций, отвечающими за быстрое и безопасное размыкание и замыкание электрических цепей высокого напряжения. Они гарантируют

надежную работу сети в нормальных и аварийных режимах, защищая оборудование от перегрузок и коротких замыканий [2].

Принцип работы:

Принцип работы высоковольтных выключателей основан на создании специальной дугогасительной среды, которая быстро охлаждает и гасит дугу, возникающую при размыкании контактов. Эта среда может быть создана различными способами, что и обуславливает различные типы выключателей.

Типы:

- Масляные выключатели: в них дуга гасится в масляной среде, которая создает изоляцию и быстро охлаждает дугу;
- Воздушные выключатели: в них для гашения дуги используется воздух, используются специальные устройства, которые направляют и охлаждают дугу;
- Вакуумные выключатели: в них дуга гасится в вакууме. Это обеспечивает высокую надежность и быстродействие, так как в вакууме дуга практически не возникает;
- Газовые выключатели: в них для гашения дуги применяется специальный газ, обладающий высокой теплоемкостью, который быстро охлаждает дугу.

2. Разъединители

Разъединители, также называемые отделителями, используются для отключения обесточенных цепей. Они играют важную роль в проведении ремонтных работ, изоляции участков сети и предотвращении возникновения коротких замыканий [3].

Особенности:

- Разъединители не предназначены для прерывания тока под нагрузкой, так как они не имеют дугогасительной системы;
- Они обеспечивают видимый разрыв цепи, позволяющий убедиться в отсутствии тока;
- Разъединители обычно устанавливаются в комплексе с выключателями для обеспечения безопасности при проведении работ.

3. Предохранители

Предохранители — это устройства, обеспечивающие защиту электрических цепей от перегрузок и коротких замыканий. Они работают по принципу прерывания цепи при превышении допустимого тока [4].

Принцип работы:

Предохранители содержат плавкую вставку из специального материала, который плавится и разрывает цепь при протекании через него слишком большого тока.

Типы:

- Плавкие предохранители: Они содержат плавкую вставку из металла с определенной точкой плавления;
- Полупроводниковые предохранители: В них используются полупроводниковые материалы для прерывания цепи.

4. Контакторы

Контакторы – это электромеханические устройства, применяемые для коммутации цепей в нормальных условиях. Они обеспечивают частое включение и отключение цепей, например, для управления электродвигателями [5].

Особенности:

- Контакторы работают при небольших токах и напряжениях;
- Они могут управляться как ручным, так и автоматическим способом.

5. Реле

Реле – это электромеханические устройства, которые используются для автоматизации управления электрическими цепями [6].

Принцип работы:

Реле включает в себя электромагнит, который при подаче тока притягивает якорь, замыкая или размыкая контакты.

Типы:

- Электромагнитные реле: используют электромагнит для управления контактами;
- Полупроводниковые реле: в них используются полупроводниковые элементы для управления контактами.

6. Распределительные устройства

Распределительные устройства — это комплексные установки, включающие в себя коммутационную аппаратуру, изоляторы, шинные мосты, защитные устройства и другие элементы, предназначенные для распределения электроэнергии на подстанции [7, 8].

Функции:

- Распределение электроэнергии между потребителями;
- Защита оборудования от перегрузок и коротких замыканий;
- Управление электроснабжением

Выбор коммутационных устройств является ключевым этапом проектирования электрических сетей, определяющим надежность и

безопасность электроснабжения потребителей, а также эффективность работы всей системы [9, 10].

Выбор коммутационных устройств осуществляется на основе технической документации и требований ПУЭ и ГОСТ. Правильный выбор коммутационных устройств гарантирует надежную и безопасную эксплуатацию электроустановок.

Источники

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство НТЦ "Электрон", 2020. – 1104 с.
2. ГОСТ Р 51321.1–99 "Аппараты электроустановок. Часть 1. Общие требования". – М.: Стандартинформ, 1999. – 72 с.
3. ГОСТ Р 50030–2000 "Электрические аппараты. Общие требования. Часть 1. Безопасность. Основные требования". – М.: Стандартинформ, 2000. – 52 с.
4. Справочник по электротехнике. Под ред. М.П. Костенко, Л.С. Перлин. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1978. – 1088 с.
5. Воркунов О. В. Коммутационные процессы в синхронном вакуумном выключателе 6(10) кВ // Научно–технический вестник Поволжья. – 2023. – № 10. – С. 184–186.
6. Коммутационная аппаратура: Учебник для вузов. Под ред. В.А. Венгерова. – М.: Энергоатом, 2001. – 384 с.
7. Высоковольтная коммутационная аппаратура: Учебник для вузов. Под ред. М.А. Бессараб. – М.: Издательство МЭИ, 2008. – 416 с.
8. Воркунов О. В. Мероприятия по защите электрооборудования, коммутируемого вакуумными выключателями // Актуальные проблемы общества, экономики и права в контексте глобальных вызовов: Сборник материалов XI Международной научно–практической конференции, Москва, 02 июня 2022 года. – Москва: ООО "ИРОК", 2022. – С. 110–113.
9. Гайнанова Э. Э. Диагностика силовых трансформаторов // Тинчуринские чтения – 2022 "Энергетика и цифровая трансформация": Сборник статей по материалам конференции. В 3-х томах. Том 1. Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. – С. 52–55.
10. Савельева, Д. А. Продвижение технического обслуживания силовых трансформаторов: смена парадигмы в сторону предсказательных алгоритмов // Технические и естественно–научные достижения современности: актуальные вопросы и разработки : Сборник научных статей. – Волгоград : ООО "Сфера", 2024. – С. 148–151.

КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СЕЛЬСКОЙ НИЗКОВОЛЬТНОЙ СЕТИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Мирзоев Д.Н.

Политехнический институт Таджикского технического университета имени академика М.С. Осими в город Худжанд, Республика Таджикистан

mdabir@mail.ru

Науч. рук. доц. Рахимов О.С.

В данной статье разработан метод снижения потерь электроэнергии в сельской электрической сети с учетом компенсации реактивной мощности. Определены потери мощности до и после компенсации реактивной мощности, а также определены энергетические параметры в узлах распределительной сети сельской трансформаторной подстанции 10/0,4 кВ. Потери мощности снижаются до 9% за счет компенсации реактивной мощности. Токи до и после компенсации реактивной мощности определяются с учетом коэффициента мощности.

Ключевые слова: Потери, потери мощности, компенсация реактивной мощности, коэффициент мощности, сила тока, сельская низковольтная сеть, сопротивление провода, нагрев провод.

Потеря электроэнергии в сельских низковольтных сетях является серьезной проблемой там, где электроэнергетическая инфраструктура устарела и неэффективна. Длинные линии электропередачи, низкая плотность нагрузки и некачественное оборудование приводят к большим потерям энергии, что отрицательно влияет на надежности и экономичности электроснабжения. Электросети сельской местности Таджикистана построены в 1975 году и электрооборудование этих сетей изнашивается. С целью анализа потерь электроэнергии и их снижения мы проанализировали низкое напряжение села Угук посредством эксперимента по энергетическим параметрам, результаты и методы обработки рассмотрены в статье [1]. Указанная сеть неоднократно ремонтировалась, и количество потребителей электроэнергии увеличивается. Также увеличилось потребление реактивной мощности, а это означает, что абоненты все чаще обращаются к цифровой бытовой электронике, использование которой приводит к увеличению спроса на

реактивную мощность. Для обеспечения постоянной реактивной мощности в сети учтем коэффициент активной мощности и определим потери мощности в сети 0,4 кВ село Угук.

Цель исследования – снизить потери электроэнергии за счет увеличения коэффициента активной мощности в сельской низковольтной сети и оценить их эффективность.

Значимость исследования: снижение потерь электроэнергии в сельских сетях имеет большое значение, поскольку позволяет снизить затраты на использование электроэнергии в системах электроснабжения, а также повышает надежность электроснабжения отдаленных территорий [2].

Определим потери электроэнергии в сельской электрической сети в нормальных условиях и увеличим коэффициент активной мощности методом, компенсирующий устройство в сети. Для определения потери мощности до компенсации и после нее полную мощность сети определяют по следующему выражению [3].

$$S = \frac{P}{\cos\varphi}, \quad (1)$$

где P – активная мощность сети, Вт;

$\cos\varphi$ – коэффициент активной мощности.

Ток сельской электрической сети получен прибором ПКЭ–А–С4 и представлен в статье [1], который определяется следующим выражением для определения тока после компенсации.

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}U\cos\varphi}, \quad (2)$$

где U — напряжение трехфазной сети, кВ.

Потеря активной мощности с учетом тока сети и сопротивления ЛЭП определяется по закону Джоуля–Ленса по следующему выражению [4].

$$\Delta P = I^2 \cdot R, \quad (3)$$

где P – потеря мощности, Вт;

I – сила тока, А;

R – сопротивления провода, Ом.

Сопротивление провода определяется по следующему выражению с учетом нагрева и влияния температуры внешней среды на провод [5].

$$R = R_0(1 + \alpha(t - 20)) \cdot l, \quad (4)$$

где R_0 – удельная сопротивления провода, Ом·м;

α – коэффициент термического сопротивления (равен 0,00403 для алюминиевой проволоки), $1/^\circ\text{C}$;

t – температура среда, $^\circ\text{C}$;

l – длина провода, м.

Сопротивление кабеля рассчитывается с учетом внешней температуры, а также рассчитывается потеря мощности до компенсации и

после компенсации реактивной мощности, которая определяется следующим выражением [6].

$$\Delta P_c = \Delta P_1 - \Delta P_2, \quad (5)$$

где ΔP_1 – потеря мощности до компенсации реактивной мощности, Вт;

ΔP_2 – потеря мощности после компенсации реактивной мощности, Вт.

Потери мощности определяются по следующей формуле [7].

$$\Delta W = \Delta P \cdot t, \quad (6)$$

где ΔP – потеря активной мощности, Вт;

t – время потеря, ч.

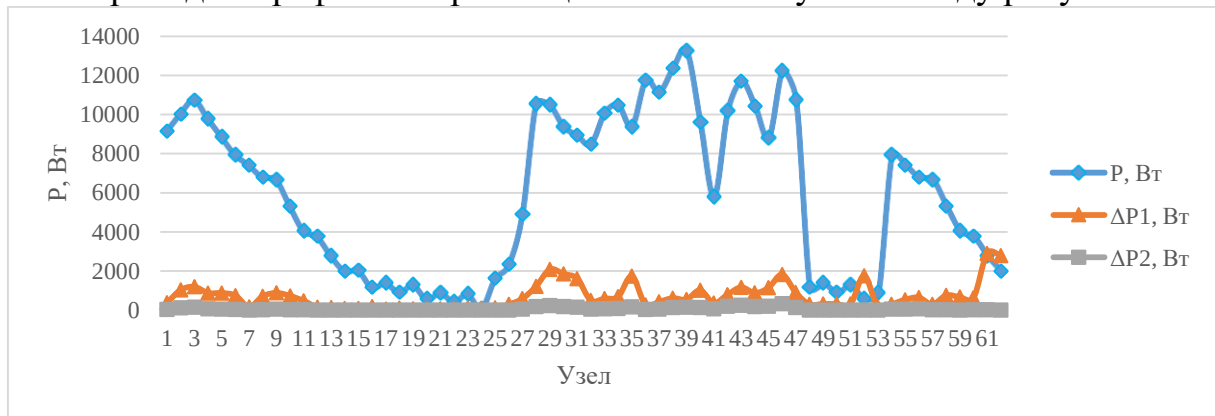
Определим потери в 62 узлах электrorаспределения ТП 10/0,4 кВ, длина линии 5,55 км, сечение провода А–25 мм² [8]. На основе этих параметров определялось сопротивление линии с учетом удельного сопротивления с выражением 4, которое было равно 17,032 Ом. В целом потребление активной мощности составляет 373,44 кВт, что определяется по формуле 2 токов до компенсации и после нее. Приводим заданные значения и результаты расчета в узле к виду таблицы 1.

Таблица 1

Результаты расчета потерь электроэнергии

l , км	R , Ом	P , Вт	S , ВА	I_1 , А	I_2 , А	ΔP_1 , Вт	ΔP_2 , Вт	ΔP_c , Вт
5,5	17,032	373442	436062	47,81	12,51	43388,51	4037,35	39351,2

Приводим график потери мощности во всех узлах к виду рисунка 1.



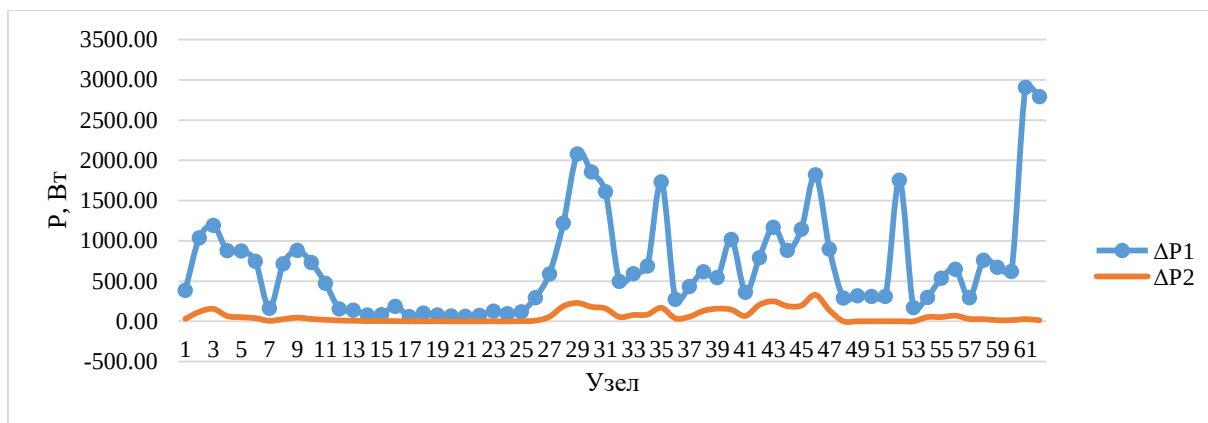


Рисунок 1. График потери мощности до и после компенсации реактивной мощности

Определяем потери электроэнергии за сутки и их снижение по формуле 6.

$$\Delta W_1 = 43388,51 \cdot 24 = 1041,32 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$\Delta W_2 = 4037,35 \cdot 24 = 96,9 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$\Delta W_c = \Delta W_1 - \Delta W_2 = 1041,32 - 96,9 = 944,42 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

В случае компенсации реактивной мощности в сельской электросети потери мощности сократились до 944,42 кВт·ч, то есть потери снизились до $\Delta W_c \% = 96,9/1041,32 = 9,3\%$.

Из результатов рисунка 1 стало ясно, что потери мощности были снижены при компенсации реактивной мощности. Этот метод показал высокую эффективность в сельской сети. Оптимизация топологии сети также имеет значительный потенциал для снижения потерь, особенно в сетях дальней. Возобновляемая энергетика является наиболее эффективной, но требует значительных капиталовложений, что может стать ограничивающим фактором для малобюджетных проектов. Компенсационное оборудование является более доступным методом, но для сохранения эффективности требует регулярного обслуживания.

Результаты показывают, что внедрение этого метода позволяет значительно повысить экономическую эффективность сельской электрической сети, что особенно важно для густонаселенных территорий. Чтобы точнее оценить эффективность этого метода на практике, он был проведен в селе Угук. Также предполагается изучить возможность использования альтернативных источников энергии в сочетании с традиционными методами, что станет предметом изучения в будущем.

В заключение можно сказать, что метод снижения потерь мощности за счет компенсации реактивной мощности в низковольтных сельских сетях, повышения коэффициента мощности и оптимизации топологии сети

показал высокую эффективность. В результате компенсации реактивной мощности потери снижены на 944,42 кВт·ч. Использование этих подходов позволяет существенно снизить эксплуатационные расходы сети и повысить надежность электроснабжения сельской сети. Применение этого метода требует точной оценки текущего состояния сетей и учета экономических факторов.

Источники

1. Рахимов, О. С. Экспериментальное исследование показателей качества и потерь электроэнергии в низковольтных сельских электрических сетях / О. С. Рахимов, Д. Н. Мирзоев, Е. И. Грачева // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2021. – Т. 23, № 3. – С. 209–222.
2. Зиниев Ш. З. Снижение потерь электроэнергии в сельских электрических сетях напряжением до 1000 В применением устройств компенсации реактивной мощности на полярных конденсаторах : дис. – диссертация кандидата технических наук 05.20. 02 Саратовский государственный аграрный университет им. НИ Вавилова, 2017.
3. Кучеренко Д. Е. и др. Особенности низковольтной компенсации реактивной мощности в сельской сети //Technical Science. – 2021. – С. 71.
4. Мирзоев, Д. Н. Усули кам кардани талафи нерӯи барқ аз рӯи схемаи таксимотӣ дар шабакаи 0,4 кВ деҳот / Д. Н. Мирзоев // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2023. – No. 1(61). – Р. 67–75. – EDN FSEDKE.
5. Мирзоев, Д. Н. Экспериментальное определение сопротивления проводов / Д. Н. Мирзоев // Автоматизация и энергосбережение в машиностроении, энергетике и на транспорте : Материалы XVII Международной научно-технической конференции, Вологда, 08 декабря 2022 года / Ответственный редактор В.А. Раков. – Вологда: Вологодский государственный университет, 2023. – С. 137–141. – EDN TRPOVL.
6. Mirzoev D. et al. Analysis of quality and electricity loss in 0.4 kV networks using machine learning algorithms //Fifth International Conference on Green Energy, Environment, and Sustainable Development (GEESD 2024). – SPIE, 2024. – Т. 13279. – С. 66–71.
7. Мирзоев Д. Н. Методы снижения потерь электроэнергии в низковольтных сельских электрических сетях //Современные проблемы электроэнергетики и пути их решения. – 2019. – С. 22–28.
8. Рахимов, О. С. Моделирование низковольтных сельских электрических сетей 10/0,4 кВ / О. С. Рахимов, Д. Н. Мирзоев // Вестник ПИТТУ имени академика М.С. Осими. – 2018. – № 4(9). – С. 37–42.

ПРОБЛЕМА ПОТЕРЬ И ПАДЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Мысова Е.Е.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

ek.romanova18@gmail.com, o_naumov@mail.ru

Науч. рук. доц. Наумов О.В.

Исследование посвящено проблеме потери и падения напряжения в электрических сетях. В работе рассматриваются причины возникновения потерь и снижения напряжения в электрических сетях, а также методы и технологии, направленные на их минимизацию. Работа содержит обзор существующих технологий и подходов к решению данной проблемы, а также примеры успешной реализации этих методов в современных электроэнергетических системах.

Ключевые слова: потери напряжения, падение напряжения, генераторы, электроэнергия, электрические сети

Электрические сети играют важную роль в обеспечении непрерывного электроснабжения для различных промышленных и бытовых нужд. Однако, одной из основных проблем, с которой сталкиваются операторы электрических сетей, является потеря и падение напряжения. Различиями в понятиях является то, что геометрическую разность между напряжением в начале и в конце линии называют падением напряжения, а алгебраическую разность напряжений в начале и в конце линии называют потерей напряжения.

Основными причинами потери напряжения являются низкое напряжение в линиях электропередач, износ проводов линии электропередач, недостаточность мощности трансформатора для текущей нагрузки, дисбаланс мощности, недостаточное сечение подводящих кабелей и проводов для подключения нагрузки, плохой контакт на входном автомате, ответвление плохого качества от воздушной линии [1].

Допустимые значения потери напряжения согласно «Правилам устройства электроустановок»: для силовых сетей — не более $\pm 5\%$, для сетей электрического освещения промышленных предприятий и общественных зданий — от $+5$ до $-2,5\%$, для сетей электрического освещения жилых зданий и наружного освещения — $\pm 5\%$.

Потери напряжения могут привести к ухудшению условий пуска двигателей и устройств на их базе, увеличению пускового тока, перегреву проводов и другим проблемам [2].

Падение напряжения в электрических сетях может быть вызвано различными факторами, среди которых устаревшие линии электропередач, разница потребляемой мощности на фазах, вредные факторы окружающей среды, перегруженность сети [3].

Нормальное падение напряжения в сети: в воздушных линиях — до 8%, в кабельных линиях электроснабжения — до 6%, в сетях на 220 В — 380 В – в районе 4–6%. Падением в рамках аварийного режима признаётся падение до 12% в сети — это установленный предел. Падение более установленной нормы может привести к включению системы защитной автоматики, которая должна срабатывать при достижении пониженной нормы на протяжении не менее 30 секунд.

Потери и падения напряжения в электрических сетях могут оказывать значительное влияние на работу системы электроснабжения. Такое как уменьшение эффективности передачи электроэнергии, снижение надёжность системы, экономические потери и экологические последствия, уменьшение мощности в электрических сетях [4].

Решение данной проблемы можно назвать регулированием напряжения в сетях. Есть несколько различных способов, для этого используют: генерирующее оборудование электрических станций, шунтирующие реакторы, батареи статических конденсаторов, синхронные и асинхронные компенсаторы, статические тиристорные компенсаторы реактивной мощности, статический компенсатор реактивной мощности, регулирование коэффициента трансформации трансформаторного оборудования, перераспределение нагрузки, нормально разомкнутые транзиты.

Так же рассмотрим более современные способы борьбы с потерями и падением напряжения.

1. Новые методы расчёта и моделирования:

- Применение искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения – разработка новых алгоритмов на основе ИИ для более точного прогнозирования потерь и падения напряжения, учитывающих нелинейные нагрузки и случайные факторы. Это может включать нейронные сети, методы кластеризации и другие современные подходы.
- Улучшенные численные методы – разработка более эффективных и точных численных методов для решения уравнений

электроэнергетических систем, учитывающих большие объёмы данных и сложные топологии сетей.

- Гибридные модели – сочетание различных методов моделирования для повышения точности и эффективности расчётов.

2. Новые технологии и оборудование:

- Интеллектуальные системы управления – разработка новых алгоритмов и систем управления для оптимизации распределения нагрузки и минимизации потерь в реальном времени.

- Применение новых материалов – использование новых материалов с улучшенными электротехническими характеристиками для снижения потерь в линиях электропередачи и трансформаторах.

- Умные сети (Smart Grid) – интеграция интеллектуальных датчиков, систем связи и автоматизированных устройств управления для мониторинга и оптимизации работы сети в режиме реального времени.

- Распределённая генерация – внедрение новых технологий распределённой генерации (солнечные батареи, ветрогенераторы), которые могут снизить потери за счёт уменьшения расстояния передачи электроэнергии.

3. Новые подходы к управлению и оптимизации:

- Оптимизация топологии сети – разработка новых методов оптимизации топологии электрических сетей для минимизации потерь и падения напряжения.

- Управление реактивной мощностью – разработка новых стратегий управления реактивной мощностью для повышения эффективности работы сети и снижения потерь.

- Применение методов оптимизации – использование современных методов оптимизации (например, генетические алгоритмы, метод имитации отжига) для поиска оптимальных решений по минимизации потерь [5, 6].

Таким образом, проблема потери и падение напряжения в электрических сетях – серьёзная проблема, требующая внимания и принятия соответствующих мер для ее решения. Специалисты по электрическим сетям должны постоянно работать над улучшением эффективности сетей и минимизацией потерь энергии. Только при совместных усилиях и использовании современных технологий можно достичь стабильной работы электрических сетей и обеспечить надежное электроснабжение для всех потребителей.

Источники

1. Воротницкий В.Э. Потери электроэнергии в электрических сетях энергосистем. / В.Э. Воротницкий, Ю.С. Железко, В.Н. Казанцев – М.: Энергоатомиздат. – 2021. – 368 с.
2. Техничко–экономическое обоснование применения устройств продольной компенсации на воздушных линиях электропередачи напряжением 110 КВ / О. В. Воркунов, Л. В. Долومانюк, В. В. Максимов, О. Е. Куракина // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2024. – Т. 11, № 10(151). – С. 79–84.
3. Повышение энергоэффективности силовых трансформаторов путем исследования влияния адсорбционной очистки на тангенс угла диэлектрических потерь / Л. А. Глоткина, О. В. Воркунов, М. Ш. Гарифуллин, Ю. Н. Слободина // Энерго– и ресурсосбережение – XXI век : Материалы XXI международной научно–практической конференции, Орёл, 15–16 ноября 2023 года. – Орёл: Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, 2023. – С. 47–52.
4. Using Swarm Intelligence Algorithm for Symmetrization of Electric Networks. Makletsov, A.M., Cuong, L.Q., Vorkunov, O.V., Maksimov, V.V., Kurakina, O.E. International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices, EDM, 2024, pp. 1490–1495.
5. Тухфетулло, И. Р. Оптимизация режимов работы электрических сетей среднего напряжения / И. Р. Тухфетулло, О. В. Воркунов // Электрические сети: надежность, безопасность, энергосбережение и экономические аспекты: Материалы III Международной научно–практической конференции. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2023. – С. 240–246.
6. Влияние несимметричных нагрузок в электрических сетях напряжением 0.4 КВ / О. В. Воркунов, В. В. Максимов, О. Е. Куракина [и др.] // Научно–технический вестник Поволжья. – 2023. – № 12. – С. 450–452.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ПОДСТАНЦИИ

Насырова Э.Н.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

elina.nasyrova01@yandex.ru

Науч. рук. доц. Воркунов О.В.

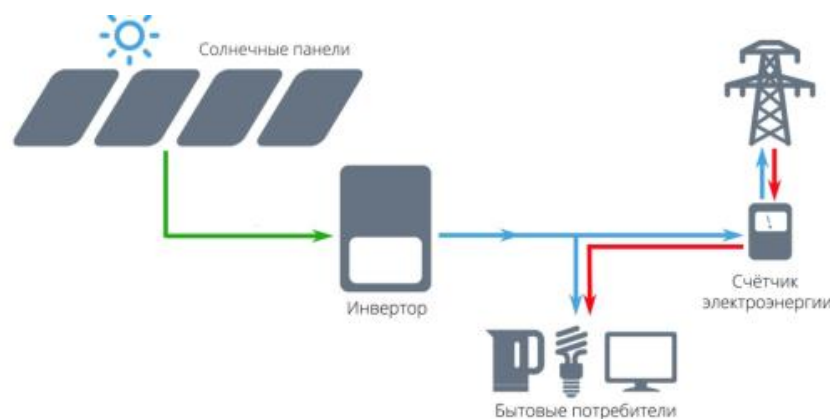
В работе, опирающейся на анализе источников литературы, представляется краткая характеристика идеи использования солнечной энергии для собственных нужд подстанции. Приводятся компоненты системы, а так же информация о преимуществах и сложностях использования данной системы.

Ключевые слова: солнечные панели, собственные нужды подстанции, надежность, возобновляемые источники энергии, потребление электроэнергии.

Подстанции играют ключевую роль в распределении электроэнергии, однако, их собственное потребление электроэнергии также требует решения. Использование солнечной энергии для собственных нужд подстанции может стать эффективным способом повышения энергоэффективности и устойчивости энергетической системы.

Основные компоненты системы:

1. Солнечные панели: Фотовольтаические модули, для преобразования солнечного света в электрическую энергию.
2. Инвертор: Преобразование постоянного ток (DC), вырабатываемого солнечными панелями, в переменный ток (AC), совместимый с сетевыми требованиями [1].
3. Контроллер заряда: Управление зарядкой аккумуляторов и предотвращение их перезарядку.
4. Аккумуляторы: Хранение избыточной энергии для использования в периоды низкой солнечной активности.
5. Трансформатор собственных нужд: Обеспечение подачи электроэнергии на оборудование и системы управления подстанцией.
6. Система мониторинга и управления: Контроль работы всей системы, обеспечивая её эффективность и безопасность.



Компоненты солнечной сетевой электростанции

Основные преимущества и перспективы этого подхода:

1. Снижение эксплуатационных затрат:

- Установка солнечных панелей на подстанциях может значительно сократить расходы на электроэнергию, необходимую для работы оборудования и освещения.

- Долгосрочные инвестиции в солнечные системы могут обеспечить стабильные затраты на электроэнергию, независимо от колебаний рыночных цен.

2. Повышение энергоэффективности:

- Использование солнечной энергии способствует повышению общей энергоэффективности подстанции, снижая потери при передаче электроэнергии.

- Локальное производство энергии снижает нагрузку на электрическую сеть и уменьшает вероятность перегрузок.

3. Устойчивость и надежность:

- Наличие автономного источника энергии повышает надежность работы подстанции, особенно в случаях аварийных отключений или перебоев в централизованном электроснабжении.

- Солнечные панели могут работать в автономном режиме, обеспечивая энергоснабжение критически важного оборудования.

4. Экологическая устойчивость:

- Использование возобновляемых источников энергии снижает углеродный след подстанции и способствует достижению экологических целей компании.

Перспективы и вызовы [2]:

1. Интеграция с существующей инфраструктурой:

- Установка солнечных панелей и связанного с ними оборудования требует тщательной интеграции с существующей инфраструктурой подстанции.

– Важно учитывать технические аспекты, такие как совместимость оборудования и оптимизация расположения панелей для максимальной эффективности.

2. Финансовые аспекты:

– Первоначальные затраты на установку солнечных систем могут быть значительными, однако они окупаются в долгосрочной перспективе за счет снижения эксплуатационных затрат.

– Учесть возможность использования субсидий, грантов и льгот, предоставляемых государственными и международными программами поддержки возобновляемой энергии.

3. Техническое обслуживание:

– Обслуживание солнечных систем должно быть включено в общий план технического обслуживания подстанции для обеспечения максимальной производительности [3, 4].

Использование солнечной энергии для собственных нужд подстанции представляет собой перспективное направление в области повышения энергоэффективности и устойчивости энергетической системы. Важно учитывать технические и финансовые аспекты при реализации таких проектов, чтобы обеспечить их успешное и эффективное функционирование.

Источники

1. Патент № 2377440 Российская Федерация МПК F03G 6/00 (2006.01) Солнечная энергетическая установка / Коровкин С.В.

2. Тимофеев Е.В., Эрк А.Ф., Судаченко В.Н., Размук В.А., Ефимова А.Н. Целесообразность использования солнечных электростанций на сельских территориях // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2019. № 3(100). С.9–20

3. Обухов С.Г., Системы генерирования электрической энергии с использованием возобновляемых энергоресурсов: учебное пособие // Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008 – 140 с.

4. Воркунов, О. В. Особенности эксплуатации фотоэлектрических модулей солнечных электростанций / О. В. Воркунов, А. И. Ихсанова, А. М. Гайнутдинова // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 12–4. – С. 582.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Наумов О.В.¹, Ахмадиев Р.Р.²

¹ФГБОУ ВО «КГЭУ» Казань, Россия

²Филиал АО «СО ЕЭС» РДУ Татарстана, г. Казань, Россия

b6304@mail.ru, nhrov@mrsu.ru, fevyb@mail.ru

В диссертации рассматривается проектирование электрических сетей, которое выполняется в иерархической последовательности: от схем ЕЭС и ОЭС и далее к схемам внешнего электроснабжения отдельных объектов. Проектирование каждого последующего уровня базируется на решениях, принятых на предыдущем уровне, и ставит вопрос о развитии сетей соответствующего напряжения, уже учитывая потребности и особенности конкретной энергосистемы.

Ключевые слова: проектирование, электрические сети, иерархическая последовательность, Единая Энергосистема (ЕЭС), Объединенные Энергосистемы (ОЭС), внешнее электроснабжение, уровень проектирования, напряжение, потребности, специфика, энергосистема.

Проектирование электрических сетей является одной из важнейших частей поддержания потока энергии. Актуальность требуется в контексте необходимости модернизации существующих энергетических систем для повышения их надежности и эффективности. В данной статье рассматриваются основные этапы проектирования электрических сетей от Единой энергетической системы до распределительных сетей на разных уровнях напряжения.

Проектирование электрических сетей осуществляется в иерархической последовательности и включает следующие основные уровни:

1. Схемы развития единой энергетической системы и сетей — это схемы развития Единой энергетической системы и Единых энергетических систем. Обоснуйте целесообразность развития магистральной сети электроснабжения, выберите ее конфигурацию, основные параметры и последовательность построения. На уровне ЕЭС формируется сеть напряжением 500 кВ и выше, включающая магистральные связи с энергосистемами других стран, связи между отдельными ЕЭС и важнейшие магистрали в пределах ЕЭС. Нагрузка на эти связи задается

режимом ЕЭС. При проектировании сетей ЕЭС обосновано разрабатывать магистральные связи ЕЭС, к которым относятся:

- 1) сети выдачи крупных электростанций;
- 2) межсистемные связи между районными энергосистемами;
- 3) важнейшие внутренние связи районных энергосистем, нагрузка на которые определяется режимами работы [1].

2. Разработка схем развития распределительных сетей высокого напряжения: разрабатываются схемы как для всей энергосистемы в целом, так и для отдельных крупных энергосистем или сетевых районов, обычно ограничивающихся границами одной области; схемы развития распределительных сетей 110 кВ и выше на основе решений, принимаемых по схемам развития объединенных энергосистем и региональных энергосистем [2].

3. Разработка схем электроснабжения внешних объектов: участков электрифицированных железных дорог, нефте и газопроводов, промышленных зон, предприятий и т.д. Проектирование ведется в соответствии с установленным строительством объекта графиком, с учетом потребностей заказчиков: акционерных обществ, проектных институтов отрасли, физических и юридических лиц и т.д. [3].

Такой подход к проектированию позволяет гибко корректировать планы развития электрических сетей по мере уточнения данных, обеспечивает тесную взаимосвязь и согласованность мероприятий в рамках разных сетевых хозяйств и разных уровней напряжения. В результате составляются обоснованные документы, отражающие стоимость и экономическую эффективность проектируемых планов строительства, расширения и реконструкции крупных объектов электросетевой отрасли. После одобрения данных документов начинается масштабное проектирование объектов [4].

С учетом того, что разработка проекта развития электрической сети может быть выполнена как для конкретных объектов (план развития электросети той или иной энергосистемы района, города, промышленного узла), так и для энергосистемы в целом, этапы непосредственного проектирования разнятся. Но на всех этапах работ они имеют сходные черты:

Анализ существующей сети: включает анализ нагрузок, условий регулирования напряжения и выявление "узких мест".

1. Определение нагрузки потребителей: составление баланса активной мощности для каждой подстанции и узла сети, обоснование строительства новых подстанций и линий электропередач.

2. Выбор режимов работы электростанций: при подключении к сети – определение режимов работы и нагрузки сети данным электростанций.
3. Электрические расчеты: выбор схемы решения электрической сети, расчет различных режимов работы, проверка статической и динамической устойчивости (для проектирования комбинированных энергосистем или мощных энергосистем), анализ требований к аварийным режимам.
4. Баланс реактивной мощности: анализ условий регулирования напряжения, обоснование размещения компенсационного устройства, определение вида и мощности устройства.
5. Расчет токов КЗ: нормирование токов отключения коммутационного оборудования, разработка мер по ограничению токов КЗ [6].
6. Выбор дугогасящих реакторов: нормирование количества, мощности и места установки реакторов для компенсации емкостных токов (особенно для сетей 35 кВ и ниже).
7. Генеральные итоги: составление плана развития сети с указанием натуральных и стоимостных показателей, а также определение времени ввода в эксплуатацию.

После изучения стало ясно, что проектная деятельность в области электроэнергетики предполагает последовательную иерархию процессов. Она охватывает разработку планов развития электроэнергетики на разных уровнях – начиная с единых энергосистем и заканчивая распределительными сетями и потребителями. Каждая из этих стадий несет важнейшую, незаменимую роль в создании эффективной и надежной энергетики. Верное исполнение всех сфер деятельности таких этапов способствует не только экономической целесообразности инвестиций, но и повышению стойкости энергетики.

Источники

1. Иванов, В.И. Особенности проектирования электрических сетей с использованием интеллектуальных систем управления. // Электротехника. – 2020. – № 5. – С. 15–20.
2. ПУЭ (Правила устройства электроустановок). – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство НТЦ "Электрон", 2019.
3. Гималетдинов, А. Ф. Проектирование кабельных линий 110 КВ с использованием однофазных кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена / А. Ф. Гималетдинов, О. В. Воркунов // Тинчуринские чтения – 2020 "Энергетика и цифровая трансформация": Материалы Международной

молодежной научной конференции. В 3-х томах, Казань, 28–29 апреля 2020 года. Том 1. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. – С. 15–18.

4. Богословский, В.А. Проектирование электроснабжения: учебник для вузов / В.А. Богословский, В.И. Савчук, А.Н. Шелудько. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр "Академия", 2016. – 432 с.

5. Сабитов, А. Х. Системы автоматического проектирования ЛЭП / А. Х. Сабитов, Д. Р. Нуриева // Развитие современных технологий: сборник статей III Международной научно-практической конференции. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.), 2023. – С. 27–31.

6. Воркунов, О. В. Ограничение токов короткого замыкания с помощью линейного реактора / О. В. Воркунов, Е. В. Яковлева // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – № 12. – С. 453–456.

ЭЛЕГАЗОВЫЕ ВЫСОКОВОЛЬТНЫЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛИ: ВИДЫ, ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ, ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

Наумова С. И., Гиззатова И. Д.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
naumovaa04@mail.ru

Статья предоставляет всесторонний обзор современных элегазовых выключателей, используемых в системах высоковольтной электроэнергетики. В работе подробно рассматриваются различные типы элегазовых выключателей, их конструктивные особенности и принцип работы, что позволяет читателю лучше понять функциональные аспекты данных устройств.

Ключевые слова: выключатель, энергосистема, процессы.

Высоковольтный выключатель представляет собой устройство для оперативного отключения и подключения отдельных цепей или оборудования в энергосистеме, используемое в различных режимах и с различными способами управления, такими как ручное, дистанционное или автоматическое. Он включает в себя контактную систему с дугогасительным устройством, токоведущие части, корпус, изоляционную конструкцию и приводной механизм, например, электромагнитный или ручной.

Элегазовый выключатель – разновидность высоковольтного выключателя, коммутационный аппарат, использующий элегаз в качестве среды гашения электронной дуги; предназначенный для оперативных подключений и отключений индивидуальных цепей или электрооборудования в энергосистеме. умело обеспечивает надежное отключение индивидуальных цепей в энергосистеме. Он задействует газовую среду для гашения электронной дуги, обеспечивая безопасность и эффективность работы электрооборудования. Когда требуется прекратить подачу энергии, контакты камер размыкаются, создавая дугу, которая уменьшает давление в емкости. Элегазовые выключатели с высоким напряжением обеспечивают надежную изоляцию фаз, что делает их незаменимыми в современных энергетических системах. Выключатель специализирован для установки в ОРУ 110кВ, так как его номинальное рабочее напряжение – 126кВ [1].

В положении удовлетворить подходящую коммутационную

способность всех условиях переключения находится колонковый элегазовый выключатель с автокомпрессией. Его конструкция представляет собой трёхполюсное исполнение с совместной рамой для полюсов и привода. Устройство оснащено аппаратом, обеспечивающим порядок плотности элегаза, контактами для предупреждения о снижении давления и запрета на использование выключателя, указателями «ON – OFF» и местоположениями пружин, счетчиком процедур вмешательства, предохранительными клапанами, манометром, платформами для заземления. Герметичный шкаф управления имеет конструкцию, устойчивую к пыли и влаге, с подогревом [2].

На подстанциях ОРУ типа классов напряжения 35–220 кВ используются элегазовые баковые выключатели для коммутации переходных процессов в энергосистемах. Эти выключатели подключают и отключают индивидуальные цепи при ручном или автоматическом управлении, что является процедурой претворения. Выключатели изготавливаются в трехполюсном или однополюсном исполнении с полюсами коммутационного аппарата, оснащенными одноразрывными дугогасительными устройствами и высоковольтными вводами. Они устанавливаются на опорной раме, покрытой горячим цинком [3].

В специальных устройствах для гашения дуги с использованием элегаза происходит выход газа через сопло в закрытое пространство, заполненное элегазом под некоторым давлением, в отличие от обычных устройств, где газ выводится в окружающую среду.

Существует несколько типов элегазовых выключателей по способу гашения электрической дуги:

- Автокомпрессионные. Процесс гашения за счет сжатия и повышения давления элегаза.
- Вращающие. Дуга гасится центробежной силой от вращения элегаза вокруг дуги.
- Продольного дутья. Прямой отток элегаза вдоль дуги отводит тепло и гасит дугу.
- Продольного дутья с дополнительным разогревом элегаза. Элегаз дополнительно разогревается перед подачей, что значительно усиливает процесс гашения дуги [4].

С учетом вышеизложенного, следует отметить следующие достоинства выключателей газового типа:

- возможность установки в электроустановках различных классов напряжения;
- простота и надежность конструкции при эксплуатации;

- высокая скорость срабатывания;
- минимальные динамические нагрузки на опоры;
- хорошая способность к отключению;
- компактные размеры и небольшой вес;
- автоматическое управление двух ступеней обогрева в приводе.

Недостатками являются:

- сложность и накладность изготовления элегазовых выключателей требует соблюдения высокого качества аппарата при производстве;
- для заполнения, перекачки и фильтрации элегаза необходимо использовать специально подготовленные устройства;
- необходимые условия к качеству элегаза высоки;
- элегазовые выключатели требуют более внимательного отношения к использованию и учету;
- конструкция и второстепенные элементы элегазовых выключателей являются дорогостоящими;
- высокая стоимость элегаза является одним из недостатков его использования;

Починка выключателя в режиме ЧП может оказаться бесполезной, если он выходит из строя.

Таким образом, дальнейшие исследования и разработки в области элегазовых технологий могут способствовать решению существующих проблем и улучшению характеристик высоковольтных выключателей, что, в свою очередь, сделает их еще более актуальными на современном энергетическом рынке.

Источники

1. Анализ режимов сети 110 кВ с разработкой подстанции 110/10 кВ "№7" [Электронный ресурс]. <https://dspace.susu.ru/xmlui/handle/0001.74/37664> (Дата обращения: 01.07.2024)
2. Элегазовые выключатели: принцип работы и характеристики [Электронный ресурс]. <https://www.asutpp.ru/elegazovye-vyklyuchateli.html> (Дата обращения: 01.07.2024)
3. Баковые выключатели [Электронный ресурс]. <https://studfile.net/preview/2953536/> (Дата обращения: 01.07.2024)
4. Элегазовые выключатели 110 кВ и 220 кВ [Электронный ресурс]. <https://www.electroff.ru/o-kompanii/stati/elegazovye-vyklyuchateli-110-kv-i-220-kv.html> (Дата обращения: 25.10.2024)

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТРАНСФОРМАТОРОВ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Нуриев Т. Р., Гиззатова И. Д.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
nuriev.timurka@bk.ru

Статья рассматривает методы повышения эффективности работы трансформаторов в электроэнергетических системах, их преимущества, а также возможность реализации данных методов. Исследование также помогает лучше понять принцип работы трансформаторов, и их важность в электроэнергетической системе.

Ключевые слова: трансформатор, энергосистема, электроэнергетика, эффективность.

Трансформатор — это статическое устройство, имеющее две или более обмотки, предназначенное для преобразования посредством электромагнитной индукции одной или нескольких систем переменного напряжения и тока в одну или несколько других систем переменного напряжения и тока, имеющих обычно другие значения при той же частоте, с целью передачи мощности [1].

Трансформаторы являются одним из ключевых компонентов электроэнергетических систем, обеспечивающих преобразование напряжения и гальваническую развязку различных частей системы. Повышение эффективности работы трансформаторов имеет большое значение для снижения потерь электроэнергии и повышения надежности электроснабжения [2].

К инновационным методам повышения эффективности можно отнести:

- Использование новых материалов с низкими потерями:

Разработка и применение новых магнитных и электроизоляционных материалов с улучшенными свойствами позволяет снизить потери на гистерезис и вихревые токи в трансформаторах [3, 4].

- Оптимизация конструкции и геометрии:

Усовершенствование конструкции сердечника и обмоток трансформатора, оптимизация расположения элементов и уменьшение межвитковой емкости приводят к снижению потерь и повышению КПД [5].

- Применение высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП):

ВТСП обладают нулевым электрическим сопротивлением при низких температурах, что позволяет создать трансформаторы с практически нулевыми потерями [5].

- Управление формой волны напряжения:

Применение методов управления формой волны напряжения позволяет уменьшить искажения синусоидальной формы и снизить потери в трансформаторе.

- Интеллектуальный мониторинг и диагностика:

Современные системы мониторинга и диагностики на основе датчиков и искусственного интеллекта позволяют отслеживать состояние трансформатора в режиме реального времени и своевременно выявлять отклонения от нормы, что способствует повышению надежности и предотвращению аварий [2].

Преимущества повышения эффективности:

- Снижение потерь электроэнергии и повышение энергоэффективности.
- Уменьшение выбросов парниковых газов за счет снижения потребления электроэнергии.
- Повышение надежности и снижение рисков аварий.
- Увеличение срока службы трансформаторов.
- Экономия финансовых средств за счет снижения затрат на электроэнергию и обслуживание.

Динамические режимы, такие как переходные процессы при коммутации, короткие замыкания и изменения нагрузки, могут привести к нежелательным колебаниям напряжения, токов и других параметров системы. Чтобы обеспечить надежную и эффективную работу электроэнергетических систем, необходимо оптимизировать динамические режимы с учетом влияния трансформаторов [1].

Оптимизация динамических режимов направлена на минимизацию нежелательных колебаний напряжения, токов и других параметров системы. Это можно достичь с помощью различных методов оптимизации, таких как:

- Оптимизация линейных функций цели при линейных ограничениях.
- Оптимизация нелинейных функций цели при нелинейных ограничениях.
- Алгоритмы, которые не гарантируют оптимального решения, но часто дают хорошие результаты [2,3].

Среди передовых наработок следует отметить:

- Анализ больших данных и машинное обучение: Применение алгоритмов машинного обучения для анализа данных, собранных с трансформаторов, позволяет выявлять паттерны и предсказывать потенциальные проблемы. Это направление активно развивают такие компании, как IBM и Microsoft.

- Модели предсказательной аналитики: Разработка моделей, которые могут предсказывать срок службы трансформаторов и оптимизировать графики обслуживания. Это направление активно исследуется в научных кругах, а также в таких компаниях, как Honeywell.

- Интернет вещей (IoT): Интеграция IoT-устройств для сбора и передачи данных о состоянии трансформаторов. Это позволяет создавать более гибкие и адаптивные системы мониторинга. Примеры решений в этой области предлагают компании, такие как Cisco и Huawei.

- Системы управления активами: Разработка комплексных систем, которые позволяют управлять не только трансформаторами, но и всей инфраструктурой электросетей. Такие решения предлагают компании, как Siemens и Schneider Electric [4].

Оптимизация динамических режимов в электроэнергетических системах с трансформаторами является важным направлением исследований для повышения надежности и эффективности работы систем электроснабжения.

Источники

1. Быстрицкий Г.Ф., Кудрин, Б.И. Выбор и эксплуатация силовых трансформаторов – М.: Техническая литература, 2003.– 176с.
2. Силовые трансформаторы. Справочная книга/Под ред. С.П. Лизунова, А.К. Лоханина.– М.: Энергоиздат, 2004.–616с.
3. Соколова Е.М. Электрическое и электромагнитное оборудование. Общепромышленные механизмы и бытовая техника / Е.М. Соколова – М.: Академия, 2006.– 224с.
4. "IEEE Approved Draft Standard for General Requirements for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers," in IEEE PC57.12.00/D2.2, August 2021 , vol., no., pp.1–70, 11 Nov. 2021.
5. Воркунов О. В. Контроль растворенных газов в масле силового трансформатора // Электрические сети: надежность, безопасность, энергосбережение и экономические аспекты: Материалы международной научно–практической конференции. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. – С. 86–89.

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ИЗОЛЯЦИИ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ СРОКА ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Пашков Е.С.¹, Воркунов О.В.²

¹Филиал АО «СО ЕЭС» РДУ Татарстана, г. Казань, Россия

²ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

pachkov.evg@yandex.ru, vorcunov_oleg@mail.ru

В тезисе предложена попытка анализа различных методов диагностики состояния изоляции кабельных линий с номинальным напряжением 6–10 кВ при помощи современных приборов способных использовать такие методы как испытание во время разряда диэлектрика, испытание ступенчатым напряжением, а также определение частичных разрядов.

Ключевые слова: Изоляция, диагностика, кабельная линия, испытание во время разряда диэлектрика, частичные разряды.

Состояние изоляции кабельных линий является важной частью в обеспечении надёжности электроснабжения. Дефекты в изоляции могут привести к короткому замыканию, перегрузкам и в конечном итоге к серьёзным аварийным ситуациям, которые могут повлечь за собой технологический сбой, создать угрозу для жизни человека, поломку дорогостоящего оборудования, а также опасность для государства. Испытание кабельных линий повышенным напряжением ведет к сильному ухудшению состояния изоляции, тем самым оно сокращает срок их эксплуатации [1, 2].

Существует несколько методов диагностики состояния изоляции кабельных линий, каждый из которых имеет свои особенности и преимущества. В данной статье мы рассмотрим основные методы диагностики и рекомендации по их применению, которые позволят увеличить срок эксплуатации кабельных линий.

1. Испытание во время разряда диэлектрика. Суть метода заключается в насыщении изоляции кабельных линий напряжением 6–10 кВ напряжением, значение которого может составлять 2,5 кВ, 5 кВ, 10 кВ, но не превышает номинального значения, в течении длительного периода времени. При современных методах измерения сопротивления изоляции напряжение 2,5 кВ подаётся при помощи мегомметра в течении 1 минуты, при испытании во время разряда диэлектрика кабельная линия заряжается

минимум 30 минут, чтобы состояние изоляции было стабильным, то есть заряд и поляризация являются полными, и единственной оставшимися компонентами тока утечки. Затем происходит снятие напряжения и следует 1 минутный разряд, во время его прибор фиксирует ток.

Для оценки состояния изоляции изоляции, применяется формула:

$$DD = \frac{I_{1 \min}}{V \cdot C} \quad (1)$$

где $I_{1 \min}$ – ток разряда через одну минуту после снятия испытательного напряжения, мА; V – испытательное напряжение, В; C – ёмкость кабельной линии, Ф.

При применении данного метода можно обнаружить высокие токи разряда, которые образуются при ухудшении состояния изоляции, когда произошло повреждение одного из слоёв многослойной изоляции. Данные токи невозможно определить при применении стандартных методов испытания и измерения изоляции. По различному значению данного коэффициента можно сделать определённый вывод про состояние изоляции. Результаты приведены в таблице 1 [3].

Таблица 1 – Результаты диагностики состояния изоляции при помощи испытания во время разряда диэлектрика.

Состояние изоляции	Результат DD
Очень плохое	Больше 7
Плохое	4–7
Сомнительное	2–4
Хорошее	Меньше 2
Однородное	0

2. Испытание ступенчатым напряжением. Это один из методов диагностики состояния изоляции кабельной линии заключающийся в последовательном увеличении напряжения и основанном на принципе того, что идеальный изолятор будет давать одинаковые показания состояния изоляции при разных значениях напряжения. При этом кабельная линия с повреждённым диэлектриком будет показывать более низкие значения сопротивления изоляции при более высоких значениях напряжения. Производится пошаговое приложение напряжения с шагом равным одной пятой от испытательного каждую минуту в течении пяти раз [4].

3. Определение частичных разрядов. Частичный разряд (ЧР) является определяемым показателем состояния изоляции силовых кабельных линий. Со временем повреждённые области увеличиваться из-за синусоидальности тока, вследствие чего образуются всё большие полости

в диэлектрике, которые со временем приводят к пробое изоляции. При применении данного метода измеряются следующие параметры: кажущийся частичный заряд (заряд, который, будучи мгновенно введен между выводами испытуемого объекта, вызовет такое же мгновенное изменение напряжения между его выводами, как реальный ЧР); частота следования, средний ток, фазовый угол импульса φ_i и другие дополнительные параметры. Технология контроля следующая: на кабельную линию подается испытательное напряжение от внешнего источника. В месте дефекта происходит пробой, который формирует переходный процесс (сигнал), распространяющийся от места дефекта до измерительного оборудования. Точная форма сигналов зависит от дефекта, взаимного расположения испытательного оборудования и дефекта, волнового сопротивления кабельной линии и самой измерительной системы. Измерительная система подключается к объекту испытания через присоединительный конденсатор (рис. 1). Так как источник напряжения может генерировать высокочастотную помеху необходимо между ними и объектом испытания устанавливать высокочастотный фильтр.

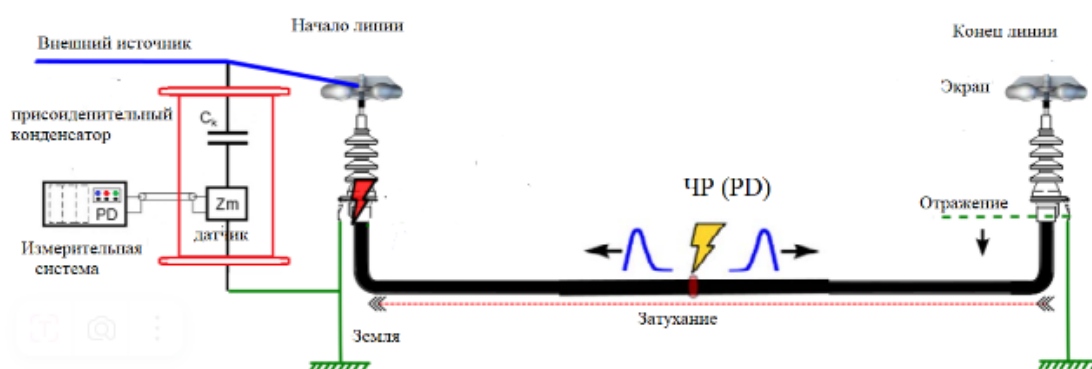


Рис. 1. Принципиальная схема применения метода для диагностики частичных разрядов

Метод определения частичных разрядов является наиболее перспективным методом среди рассмотренных так, как позволяет точно и надёжно определить наличие и характер частичных разрядов в изоляции кабельной линии.

Источники

1. Черепанов А. Б. Приборы для диагностики состояния силовых трансформаторов. Часть I //Автоматизация и ИТ в энергетике. – 2021. – №. 6. – С. 50–55.

2. Газизов А. Х., Комбарова Е. А., Чернов К. В. Опыт использования неразрушающих методов испытания и оценки технического состояния кабельных линий 6 кв //Актуальные вопросы энергетики. – 2019. – Т. 1. – №. 1. – С. 93–98.

3. Газизов А. Х., Мухамедьянов Р. Р., Стахив И. Г. Диагностика состояния изоляции ограничителей перенапряжения, с использованием дополнительных диагностических маркеров //Актуальные вопросы энергетики. – 2022. – С. 64–70.

4. Тухфетуллов, И. Р. Системы мониторинга и диагностики кабельных линий: сравнительный анализ и рекомендации / И. Р. Тухфетуллов, О. В. Воркунов // Инновации технических решений в машиностроении и транспорте: Сборник статей X Всероссийской научно–технической конференции молодых ученых и студентов с международным участием. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2024. – С. 287–289.

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ПОВЫШЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗАВАРИЙНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ НА ЛИНИЯХ 110 КВ В РЕСПУБЛИКЕ ТАТАРСТАН.

Петров А.В., Гиззатова И.Д.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
aleksey_dest1n@mail.ru, esis.kgeu@bk.ru

В представленной статье проанализированы причины возникновения аварий и мероприятия по их предотвращению. Также отмечается, что данные мероприятия могут обеспечить ряд выгод, включая сокращение расходов на ремонтные работы, улучшение надежности и повышение энергетической самодостаточности.

Ключевые слова: Противоаварийные мероприятия, Птицезащитные устройства, Полимерные изоляторы, Изоляции.

В 2023 году в энергосистеме Республики Татарстан было зафиксировано 269 аварий на электросетевом оборудовании и устройствах напряжением 110 кВ. Это число превышает количество аварий в 2022 году на 44 случая. Из общего числа аварий в 2023 году 70% (то есть 189 аварий) произошли на ВЛ 110 кВ и выше.

Увеличение числа аварий на электросетевом оборудовании и устройствах 110 кВ в 2023 году по сравнению с предыдущим годом является тревожным сигналом, указывающим на необходимость более тщательного мониторинга и обслуживания сетей энергосистемы [1]. Аварии на высоковольтных линиях электропередачи составляют значительную часть всех произошедших ЧП, что подчеркивает важность улучшения технического состояния и надежности данного типа оборудования.

В 2023 году наблюдался рост аварийности электросетевого оборудования, который можно объяснить увеличением числа аварий, связанных с различными факторами. Один из таких факторов – воздействие птиц на электрооборудование, что приводит к снижению уровня изоляции из-за загрязнения изоляторов линий электропередачи (ЛЭП) птичьим пометом. В 2023 году было зафиксировано 49 аварий по этой причине, в то время как в 2022 году их было 37, что составляет рост на 33%.

Другой значимый фактор, способствующий росту аварийности, связан со снижением уровня изоляции из-за загрязнения изоляторов,

включая взвесь минеральных удобрений с последующим увлажнением изоляторов ЛЭП напряжением 110–220 кВ, проходящих по территориям с интенсивным земледелием. В 2023 году по этой организационной причине на ЛЭП 110–220 кВ было зафиксировано 39 аварий, из которых 21 произошла из-за загрязнения изоляции. Для сравнения, в 2022 году количество аварий по этой причине составило 13 случаев, что представляет собой рост на 61,5% [1].

Наиболее эффективными противоаварийными мероприятиями (ПАМ), влияющими на надежность работы ЛЭП 110 кВ и выше являются:

Установка на опорах ЛЭП ПЗУ (птицезащитных устройств): ПЗУ представляют собой специальные конструкции, предназначенные для предотвращения сидения птиц на опорах ЛЭП. Это помогает снизить риск загрязнения изоляторов птичьим пометом, что в свою очередь уменьшает вероятность возникновения КЗ при снижении изоляции.

Один из оптимальных вариантов решения проблем с птицами – это использование полимерных колпаков для защиты подвесных изоляторов ЛЭП 110 кВ. Защитный колпак применяется для предохранения поверхности гирлянды изоляторов ЛЭП от загрязнения пометом птиц, окрасочных работ, атмосферных осадков и механического воздействия [2].

Интенсивная чистка изоляторов при выводе ВЛ в ремонт или при работе под напряжением: Регулярная чистка изоляторов во время проведения ремонтно-профилактических работ помогает устранить загрязнение, включая взвесь минеральных удобрений или других загрязнений, что способствует сохранению надежности изоляции и предотвращению возможных аварий, однако более эффективным будет чистка изоляторов при работе под напряжением.

Применение специальных защитных паст или составов: Защитные пасты или составы могут быть использованы для защиты изоляторов от загрязнения и влаги, что способствует сохранению их изоляционных свойств. Однако, они не нашли широкого применения за счёт того, что они не обеспечивают длительную защиту, а иногда могут и вовсе ухудшить изоляцию.

Использование полимерных изоляторов с улучшенными характеристиками: Такие полимерные изоляторы будут обладать высокой устойчивостью к загрязнению и влаге, что делает их более надежными в сравнении с традиционными керамическими изоляторами. Также можно использовать изоляторы с увеличением длины токоутечки.

Увеличение числа изоляторов в гирлянде: Увеличение числа изоляторов в гирлянде (цепочке) может улучшить распределение напряжения и повысить надежность изоляции, особенно в условиях

повышенной влажности или загрязнения. Вследствие дороговизны увеличение длины гирлянды используется редко [3, 4].

Рост числа аварий на электрооборудовании Республики Татарстан в 2023 году, особенно на линиях электропередачи 110 кВ и выше, свидетельствует о необходимости усиленного мониторинга и обслуживания сетей. Основными факторами роста аварийности являются загрязнение изоляторов птичьим помётом, а также воздействие минеральных удобрений в районах активного земледелия. Для снижения аварийности рекомендуется устанавливать птицевозащитные устройства, полимерные колпаки для изоляторов, регулярно проводить чистку под напряжением и использовать полимерные изоляторы с улучшенными характеристиками.

Источники

1. Юмагулов, А. Р. Особенности организации защиты и мониторинга трансформаторных вводов с RIP-изоляция / А. Р. Юмагулов, О. В. Воркунов // Формирование профессиональной направленности личности специалистов – путь к инновационному развитию России : Сборник статей V Всероссийской научно-практической конференции, Пенза, 18–19 декабря 2023 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2023. – С. 497–499. – EDN CJNQSL.
2. РДУ Татарстана | АО «Системный оператор Единой энергетической системы» [Электронный ресурс] URL: <https://www.sos-ops.ru/odu-volga/odu-volga-rdu/rdu-tataria/> (Дата обращения: 24.06.2024)
3. Птицевозащитные устройства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rrrcn.ru/ru/electrocutions/bpd>. (Дата обращения: 24.06.2024)
4. Сравнительная характеристика современных электроизоляционных конструкций / К. Д. Разживина, К. Д. Разживина, Д. В. Мачан, О. В. Воркунов // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике : Материалы XVII Всероссийской открытой молодежной научно-практической конференции. – Казань: ООО "Издательство Фолиант", 2022. – С. 306–309.

ПРИЧИНЫ ОБРЫВА СТАЛЕАЛЮМИНИЕВЫХ ПРОВОДОВ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ

Петров В.А.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

vlad_petrov2709@mail.ru

В данной работе рассматриваются причины обрыва сталеалюминиевых проводов на линиях электропередач. Определены системы мониторинга воздушных линий электропередач, предупреждающие о потенциальных местах обрыва.

Ключевые слова: линии электропередач, провода, обрыв, диагностика, мониторинг.

В настоящее время надежность электроснабжения занимает достаточно важное место в политике государства. Именно поэтому, вопрос защиты и предупреждения повреждения оборудования, а именно линий электропередач, имеет ключевое значение.

Воздушные линии электропередач чаще всего выполняются на опорах, а проводники из сталеалюминиевых проводов. Они распространены в Российской Федерации, т.к. это достаточно дешево по сравнению с кабельными линиями, а также повышает ремонтпригодность таких линий.

Отметим недостатки наземных линий электропередач: большая охранная зона; большие затраты на очистку данной территории; низкий уровень защиты от внешних воздействий. Приведём причины аварий, возникающих на любых воздушных линиях электропередач: однофазные замыкания на землю, схлестывание проводов, механические повреждения проводов или изоляторов, обрыв проводов вследствие ветровой нагрузки или падений посторонних предметов на провода, перенапряжения вследствие изменения параметров сети, гололёдообразование на проводах.

В зимнее время основной причиной обрыва проводов является гололёдные образования, которые под действием тяжести обрывают провода с креплений на опорах линий электропередач. Чаще всего для того, чтобы избежать обрыва проводов на линиях применяется плавка гололёда. Данный метод обусловлен высокой эффективностью, т.к. плавка осуществляется путём замыкания линии электропередач с одной или двух

сторон, при низком уровне напряжения и высоком токе. Плавка может быть постоянным или переменным током.

Для общего мониторинга воздушных линий электропередач применяется несколько методов, рассмотрим их по возрастанию сложности:

– первый способ отслеживания потенциального обрыва или гололёдного образования является одним из самых простых: использование датчика с радиоканалом, подключенный к трансформатору тока. Данный датчик подвешивается на провод после высокочастотного заградителя, чтобы обеспечить передачу высокочастотного сигнала (рис.1). С другой стороны провода аналогично подвешивается такой же датчик. На базе данной разработки получила развитие систем SCADA в составе данных систем. Данная разработка имеет один недостаток: приём измерений децентрализован и сложен в синхронизации между датчиками;

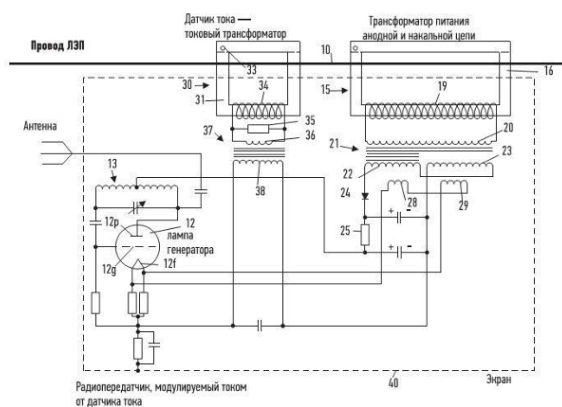


Рис.1. Измеритель токовой нагрузки с радиоканалом

– вторым методом мониторинга и диагностики линий электропередач от обрыва проводов построен на вышеупомянутой системе и объединена в SCADA, что позволяет обрабатывать и интерпретировать получаемые данные с нескольких пролётов и даже разных линий электропередач (рис.2). Данная система образует измерительный блок, который состоит из: группа датчиков для измерения параметров линии, процессорный модуль (для обработки данных), система передачи данных, модуль питания. Если у объекта электроэнергетики имеется необходимость в измерении разных параметров, которые способствуют отслеживанию состояния линии электропередач и предупреждают о потенциальном обрыве, то используются следующие типы датчиков: датчики тока, температуры или тензодатчики; акселерометры и другие виды датчиков.

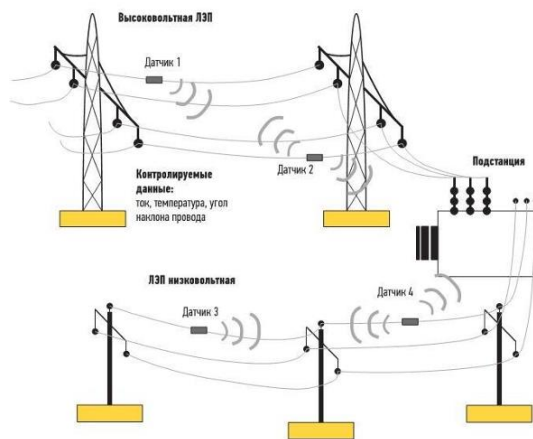


Рис.2. Структура центра мониторинга

Готовым коммерческим решением по определению ненормального состояния линии электропередач является система мониторинга САТ–1, которая сочетает в себе все вышеперечисленные датчики, но при этом осуществляет точный расчёт и выявляет потенциальные места обрыва воздушной линии. Помимо этого, новейшие модели данной системы позволяют выстраивать топологические модели воздушной линии.

Источники

1. Диагностика электрооборудования станций и подстанций: учебное пособие/Хальясмаа А.И., С. А. Дмитриев, С. Е. Кокин, Д. А. Глушков. – Екатеринбург: Изд-во Урал.ун-та, 2015. – 64 с.
2. Аксенов, И. И. Разработка системы мониторинга воздушных линий электропередачи 110 кВ / И. И. Аксенов, Э. К. Мба // Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе : Материалы международной научно–практической конференции, Воронеж, 06–07 июня 2022 года. Том Часть I. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2022. – С. 51–64.
3. Кабельные и воздушные линии электропередачи: учеб.пособие / Н. П. Бадалян [и др.]; Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2019. – 260 с.
4. Тимофеев, А. С. Новые системы контроля и диагностики состояния воздушных линий / А. С. Тимофеев, М. Д. Макарьцов // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2024. – № 1–2(88). – С. 213–223. – DOI 10.24412/2500–1000–2024–1–2–213–223. – EDN KXMWXXG.
5. Байков И. Применение дистанционных методов при обследовании воздушных линий электропередачи // И. Байков, П. Голубев, Ю. Сизых // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2016. – № 1.

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ С ПОМОЩЬЮ ОПТИКО – ЭЛЕКТРОННЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА

Печенкин Я. О., Гиззатова И. Д.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

yuarichev@mail.ru

В статье рассматривается применение оптико–электронных трансформаторов тока для контроля параметров электроэнергетической системы. Описываются преимущества и особенности использования, а также роль в повышении эффективности работы энергосистем. Обсуждаются перспективы развития и внедрения оптико–электронных трансформаторов.

Ключевые слова: электроэнергетическая система, измерительный трансформатор, цифровая подстанция, инновации.

Электрическая система – это сложная и масштабная сеть, включающая в себя элементы генерации, передачи, распространения и потребления электроэнергии. Оценка состояния данной сети возможна благодаря отслеживанию её параметров, таких как напряжение, ток, частота и т.д. Контроль этих параметров имеет решающее значение для обеспечения надежной, безопасной и непрерывной работы энергосистемы.

Контроль параметров осуществляется с помощью специальных приборов и устройств, благодаря которым фиксируются значения основных параметров. К ним относятся измерительные трансформаторы тока и напряжения. Они уменьшают высокие входные значения до приемлемого для измерения уровня.

Технологии не стоят на месте и, как и всё оборудование трансформаторы тока тоже улучшались. Это привело к появлению оптико – электрических трансформаторов тока (в дальнейшем ТТ) или же просто оптических ТТ.

Принцип работы оптических ТТ основан на эффекте Фарадея. Когда через провод проходит постоянный ток, то он создает вокруг себя магнитное поле. Размещенный в этом поле чувствительный элемент (несколько витков оптического волокна) с линейно поляризованным светом позволяет по углу поворота плоскости поляризации определить величину напряжённости поля. И благодаря этому рассчитывается ток в проводнике. Но стоит отметить, что для наиболее используемого

переменного тока, необходимо измерять отдельно положительный и отрицательный полупериод, так как иначе угол Фарадея будет равен нулю.

Для начала сравним обычные и оптические ТТ и выявим преимущества и недостатки [1, 2].

Преимущества оптических ТТ:

- 1) Точность измерения практически не зависит от внешних условий (температуры, давления и т.д.);
- 2) Меньший вес и габариты;
- 3) Измерительные и силовые цепи разделены, что повышает работоспособность при аварийных ситуациях;
- 4) Отсутствие негативных эффектов, например, резонанса и насыщения;
- 5) В связи с тем, что не требуется изоляция (масла, бумаги и газа) повышается безопасность измерительного прибора.

Недостатки оптических ТТ:

- 1) Цена по сравнению с классическим исполнением;
- 2) Отсутствие как таковой документации и нормативных документов, что объясняется малым объемом эксплуатации;
- 3) Сложность конструкции устройства требует найма более высококвалифицированного персонала для обслуживания [3].

В России оптические ТТ применяются в основном на цифровых подстанциях, где требуется высокая точность и надежность. Опыт их эксплуатации показывает полное совпадение по значениям измеряемых параметров с классическими ТТ. Помимо этого было выявлено, что дифференциальная защита и другие релейные защиты могут работать одновременно с двумя разными типами ТТ. Однако для корректной работы нужна точная и сложная настройка микропроцессорной аппаратуры: SCADA систем, систем синхронизации времени и передачи данных [4, 5, 6].

Внедрение оптических ТТ позволит повысить работоспособность электроэнергетической системы в аварийных ситуациях. Однако из-за высокой по сравнению с обычными измерительными трансформаторами цены и сложности настройки информационной части внедрение происходит не так быстро.

Источники

1. Найденов, А. Д. Оптические трансформаторы тока / А. Д. Найденов // Вестник науки и образования. – 2020. – № 8–1(86). – С. 19–23. – DOI 10.24411/2312–8089–2020–10803.

2. Базыль Илья Михалойвич, Дударенко Артём Дмитриевич
Использование оптических трансформаторов тока // Известия ТулГУ.
Технические науки. 2018. №12. [Электронный ресурс] URL:
<https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-opticheskikh-transformatorov-toka>
(дата обращения: 04.07.2024).

3. Волоконно–оптический трансформатор тока / А. Р. Шарипова, О.
В. Воркунов, А. А. Платонова, С. П. Суханова // Приборостроение и
автоматизированный электропривод в топливно–энергетическом
комплексе и жилищно–коммунальном хозяйстве: Материалы VII
Национальной научно–практической конференции. – Казань: Казанский
государственный энергетический университет, 2022. – С. 624–626.

4. Янин М.А. Опыт, полученный при реализации проектов по
построению цифровых подстанций с применением оптических
трансформаторов. – 2020. [Электронный ресурс] URL:
https://profotech.ru/upload/Releishik_2020_3-38-47.pdf (дата обращения:
04.07.2024).

5. Ях С. Ю. Оптические измерительные трансформаторы и
перспективы их применения в современных энергосистемах / С. Ю. Ях // *Аллея науки*. – 2022. – Т. 1, № 2(65). – С. 205–209.

6. Камалов, И. Р. Контрольно–измерительное оборудование –
мониторинг подстанций и других энергообъектов / И. Р. Камалов, В. В.
Максимов // 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. 286–287.

ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Печенкин Я.О.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

yuarichev@mail.ru

Науч. рук. доц. Сабитов А.Х.

В данной статье разбирается предиктивная аналитика и результаты внедрения. Рассматривается модернизация процесса анализа данных при помощи нейронных сетей. Также затрагиваются основные преимущества внедрения этого метода.

Ключевые слова: предиктивная аналитика, нейронные сети, надежность, энергосистема.

В современном быстро меняющемся мире перебои в подаче электроэнергии могут привести к значительным сбоям в работе, что приведет к значительным финансовым потерям для предприятий, государственных учреждений и частных лиц. В некоторых случаях перебои в подаче электроэнергии могут даже угрожать жизни. Энергетические системы сложны, и существует множество факторов, которые могут вызвать перебои в работе. Однако с помощью предиктивной аналитики можно выявлять и предотвращать потенциальные сбои до того, как они произойдут.

Анализируя Big Data (большие данные) полученные из различных источников, при помощи SCADA систем, алгоритмы предиктивной аналитики могут выявлять закономерности и отклонения, которые могут указывать на различные сбои. Это позволяет предприятиям принимать упреждающие меры для предотвращения сбоев, например, планировать техническое обслуживание, ремонт или вовсе полную замену оборудования до того, как произойдет сбой. Это может помочь снизить затраты на техническое обслуживание на 20–30 % [1].

Для использования предиктивной аналитики необходимо: создать общепромышленную нормативно-техническую базу по разработке, проектированию и эксплуатации систем; разработать специальную систему инструментария; накопить статистику о работе электрических объектов [2]. Помимо этого, все полученные данные необходимо обработать, это происходит в несколько этапов: усреднение полученных

значений, приведение к единому масштабу времени, выявление и устранение недостоверных данных и нормализация диагностических признаков [3,4].

С развитием нейронных сетей и машинного обучения стало возможно анализировать большой объем данных без участия человека и эффективнее и лучше, чем любой алгоритм.

Рассмотрим применение нейросетей для анализа состояния сетевого оборудования. Сначала происходит сбор данных с оборудования в критическом состоянии и запускается процесс обучения нейронной сети на основе этих данных. Затем вводится новый показатель для состояния коммутатора в эталонных условиях. И наконец нейросеть на основании этих данных может сделать прогноз времени, в рамках которого оборудование может работать без критических отклонений [5].

Также примером для внедрения предиктивной аналитики служит нефтегазодобывающие компании, которые используют риск-ориентировочный подход управления энергетическим оборудованием [6]. Внедрение важно так как перебои в добычи нефти или газа влияют на все сферы промышленности, в том числе и энергетическую.

Существует несколько преимуществ использования предиктивной аналитики. Одним из наиболее значительных преимуществ является то, что это может помочь сократить время простоя и повысить надежность энергосистем [7]. Выявляя потенциальные сбои до того, как они произойдут, системный оператор может принять меры, чтобы предотвратить сбои.

Предиктивная аналитика также может помочь предприятиям оптимизировать свои энергосистемы. Анализируя данные об энергопотреблении и производительности, алгоритмы предиктивной аналитики могут определить области, в которых можно повысить энергоэффективность.

С учетом всего выше перечисленного можно сделать вывод, что предиктивная аналитика является важным инструментом. Выявляя и предотвращая потенциальные сбои, организации могут сэкономить время и деньги, оптимизировать использование энергии и повысить надежность своих энергосистем. Несмотря на затраты, связанные с внедрением предиктивной аналитики в электроэнергетические системы, преимущества очевидны, и внедрение предиктивной аналитики является лишь вопросом времени.

Источники

1. Григорьева, Т.А. Применение предиктивной аналитики в энергетике / Т. А. Григорьева, А.Ю. Баева // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. – 2021. – Т. 1. – С. 16–19.
2. Шубина, С. К. Концепция единой системы управления состоянием энергетического оборудования / С.К. Шубина, А.Г. Логачева // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2019. – Т. 11, № 3(43). – С. 24–36.
3. Математическое обеспечение подсистемы предобработки данных систем предиктивной аналитики / И.А. Щербатов, Г.Н. Цуриков, В.А. Агибалов [и др.] // Математические методы в технологиях и технике. – 2021. – № 2. – С. 95–98.
4. Диагностирование и прогнозирование технического состояния оборудования электростанций: сборник докладов международной научно–технической конференции, Москва, 20 мая 2020 года. – Москва: Открытое акционерное общество "Всероссийский дважды ордена трудового красного знамени теплотехнический научно–исследовательский институт", 2020. – 64 с.
5. Хисматов, И. Об автоматизации диагностики сетевого оборудования на основе предиктивной аналитики и искусственного интеллекта. Системная инженерия и информационные технологии 2024, 6(2(17)), 66–71. [Электронный ресурс] <http://siit.ugatu.su/index.php/journal/article/view/191> (дата обращения: 10.10.2024)
6. Левин В.М., Гужов Н.П. Предиктивная оценка рисков прерывания электроснабжения потребителей нефтедобычи с учетом изменения значимых факторов. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022;24(5):84–96.
7. Липатов Максим Первый в России комплекс предиктивной аналитики для энергетического и промышленного оборудования // Экспозиция Нефть Газ. 2016. №3 (49). [Электронный ресурс] <https://cyberleninka.ru/article/n/pervyy-v-rossii-kompleks-prediktivnoy-analitiki-dlya-energeticheskogo-i-promyshlennogo-oborudovaniya> (дата обращения: 10.10.2024)

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Печенкин Я.О.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

yuarichev@mail.ru

Науч. рук. доц. Сабитов А.Х.

В этой статье рассматривается, как новые технологии могут повысить энергоэффективность и снизить потери в электроэнергетических системах. Также затрагивается возможность запуска и степень использования приведённых технологий.

Ключевые слова: Smart Grid, Internet of Things, Internet of Distributed Energy Architecture, энергоэффективность, электроэнергетическая система.

Современная электроэнергетическая система постоянно сталкивается с целым рядом вызовов, связанных с ростом потребителей, старением энергооборудования и увеличением востребованности в устойчивом и качественном энергоснабжении. В этих условиях возросших требований к надежности энергосистем и их эффективном использовании важно применять передовые технологии, которые могут снизить потери и оптимизировать распределение энергии. Такие технологии называются энергоэффективными. Потери энергии в электроэнергетических системах происходят на всех этапах — от генерации до конечного потребителя. К главным из них относятся: тепловые потери, недогруженность оборудования, неравномерное распределение нагрузки [1].

Современные подходы к повышению энергоэффективности в электроэнергетике включают использование технологий управления и мониторинга, таких как системы Smart Grid, Internet of Things (IoT) и Internet of Distributed Energy Architecture (интернет энергии).

Smart Grid – это интеллектуальная сеть, способная гибко реагировать на изменения нагрузки и автоматически корректировать перетоки энергии. Всё это возможно благодаря большому количеству элементов сети отвечающих критериям:

- Экономичности (снижении системных затрат и цены электроэнергии;
- Эффективности (использование оборудования в полной мере);

– Надежности (быстрое самовосстановление подачи электроэнергии и устранение полных отключений системы) и т.д.

Smart Grid включает в себя внедрение: умных счетчиков для точного прогнозирования потребления, систем учета малой генерации, например, солнечных панелей или гидротурбин, программ для мониторинга производственных активов. Для улучшения систем мониторинга состояний оборудования и учета электроэнергии может быть использован IoT. Это понятие очень близко к Smart Grid, но IoT это широкая концепция, охватывающая все устройства, подключённые к интернету, тогда как Smart Grid — это специфическое применение IoT-технологий в энергетике. Smart Grid использует возможности IoT, чтобы повысить надёжность и эффективность электросетей, но при этом остаётся узконаправленным решением для управления энергосистемой [2].

Сравнительно недавно появилось новое понятие Internet of Distributed Energy Architecture (IDEA). IDEA также использует принципы IoT, чтобы объединить отдельные распределенные энергообъекты – в единую, гибкую и саморегулирующуюся систему. Это децентрализованная электроэнергетическая система, направленная на интеллектуальное управление по средствам энергетических транзакций. С помощью них производитель и потребитель энергии будут связываться напрямую при помощи цифровых платформ, что обеспечит доступность электричества и позволит одному субъекту системы быть одновременно в обоих этих ролях. Всё это должно привести к росту малой генерации (солнечных панелей, ветрогенераторов и т.д.). Помимо этого, будет обеспечена легкость технического подключения устройств на основании принципа plug&play [3].

На практике внедрение новых технологий уже продемонстрировало свою эффективность. Примером внедрения Smart GRID является появление цифровых подстанций. Так в 2017 году была введена первая в России цифровая подстанция напряжения 110кВ имени Сморгунова в Красноярске, которая не раз доказывала свою эффективность [4]. Она дала зеленый свет для строительства следующих подстанций подобного типа и уже к 2030 по данным ПАО «Россети» будет введено в эксплуатацию около 1200 цифровых подстанций [5].

Стоит отметить сложность запуска проекта IDEA в связи с тем, что запуск потребует единовременного подключения большого числа пользователей, в том числе и крупных электростанций. Так как иначе в системе из-за малого числа генерирующих мощностей будет наблюдаться серьезный дефицит электроэнергии.

В качестве развития данных концепций предлагается:

1) Для более плавного введения концепта IDEA предлагается на первых этапах ввести электростанции как обычного потребителя, который бы генерировал большой объем электроэнергии для снижения дефицита.

2) Для улучшения обеих этих концепций предлагается использование водородных аккумуляторов. Это позволит выровнять график нагрузки, так как даже ночью электростанции смогут работать, не снижая генерируемые мощности, что приведет к снижению тарифов на электроэнергию.

Передовые технологии играют ключевую роль в повышении энергоэффективности и снижении потерь в электроэнергетических системах. Интеллектуальные сети Smart Grid, устройства IoT и система IDEA позволяют гибко управлять потоками электроэнергии, минимизировать потери и повысить надежность. Эти технологии не только помогают решать текущие проблемы, но и создают базу для устойчивого и экологически безопасного энергоснабжения в будущем.

Источники

1. Бурнашев К. Г. Оценки перспектив развития технологий в электроэнергетике с позиции их влияния на энергоэффективность // Вестник ГУУ. 2014. №14. [Электронный ресурс] <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenki-perspektiv-razvitiya-tehnologiy-v-elektroenergetike-s-pozitsii-ih-vliyanija-na-energoeffektivnost> (дата обращения: 27.10.2024)

2. Воронин, Г. В. Цифровая энергетика: Smart Grid – интеллектуальные электрические сети / Г. В. Воронин, И. А. Захаренкова // Проблемы и перспективы устойчивого развития промышленности в XXI веке: от теории к практике. – Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С.М. Кирова, 2023. – С. 37–40.

3. Чаусов, И. С. Архитектура Интернета энергии (IDEA) / И. С. Чаусов, Д. В. Холкин, И. А. Бурдин // Энергоэксперт. – 2019. – С. 28–31.

4. Первая в России цифровая подстанция построена на оборудовании Электрошита [Электронный ресурс] <https://www.electroshield.ru/press-center/news/pervaya-v-rossii-tsifrovaya-podstantsiya-postroena-na-oborudovanii-elektroshchita/> (дата обращения: 27.10.2024)

5. Шаг в будущее: зачем "Россети" строят цифровые подстанции [Электронный ресурс] <https://newizv.ru/news/2020-12-29/shag-v-budushee-zachem-rosseti-stroyat-tsifrovye-podstantsii-323517> (дата обращения: 27.10.2024)

ИСТОЧНИКИ МАЛОЙ ГЕНЕРАЦИИ: ТЕХНИКО–ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Рахимов О. С. Тошходжаева М.И., Джураев М.М.

Худжандский политехнический институт Таджикского Технического

Университета имени М.Осими, г. Худжанд, Таджикистан

shukrona14_01_2011@mail.ru, muhsin0799@mail.ru

Цель данной работы — это выявить проблемы внедрения систем распределенной генерации в зависимости от их территориального расположения в зависимости от географического расположения, природных особенностей, рельефа местности, наличия природных ресурсов. Построить математическую модель оптимального выбора источников распределенной генерации. В работе применены метод экспертного анализа для оценки правильного выбора источников распределенной генерации, с учетом эксплуатационных, экономических критериев, а также с учетом критериев качества электроэнергии. Производится анализ токовых нагрузок в системе, потери напряжения, перетоков активной и реактивной мощности в системе после внедрения систем распределенной генерации. Эксплуатационные, экономические критерии, применяемые в алгоритме показаны как комплексные показатели, учитывающие особенности региона. В статье описана актуальность темы, рассмотрены особенности внедрения систем распределенной генерации с учетом территориального расположения объектов, эксплуатационных, экономических критериев, а также с учетом критериев качества электроэнергии. При выборе источника РГ учитываются географическое расположение района, особенности систем электроснабжения, природные и климатические характеристики района, наличие природных месторождений. Производится технико–экономический анализ выбранного варианта с целью определения экономических затрат на строительство и эксплуатации источников РГ.

Ключевые слова. система электроснабжения, источники распределенной генерации, критерии, анализ, алгоритм, выбор, экспертный анализ.

Цель: В последнее время в электроэнергетической отрасли Республики Таджикистан наблюдается развитие с изменением состава электрооборудования электрической нагрузки с повышенным требованием к качеству электроэнергии и надежности системы электроснабжения [1,3].

В настоящий момент рост электрической нагрузки в Согдийской области опережает развитие электроэнергетической системы, что приводит

к росту потерь электроэнергии в питающих и распределительных сетях, увеличению отклонения напряжения на шинах понижающих трансформаторов, следовательно, к увеличению стоимости электроэнергии и снижению эффективности электросетевого комплекса. Выше указанная ситуация характерна для электроэнергетических сетей Согдийской области, где потери электроэнергии достигли до 18 % [2,3,4].

На рисунке 1 приведены проблемы внедрения систем РГ в Согдийской Области Республики Таджикистан

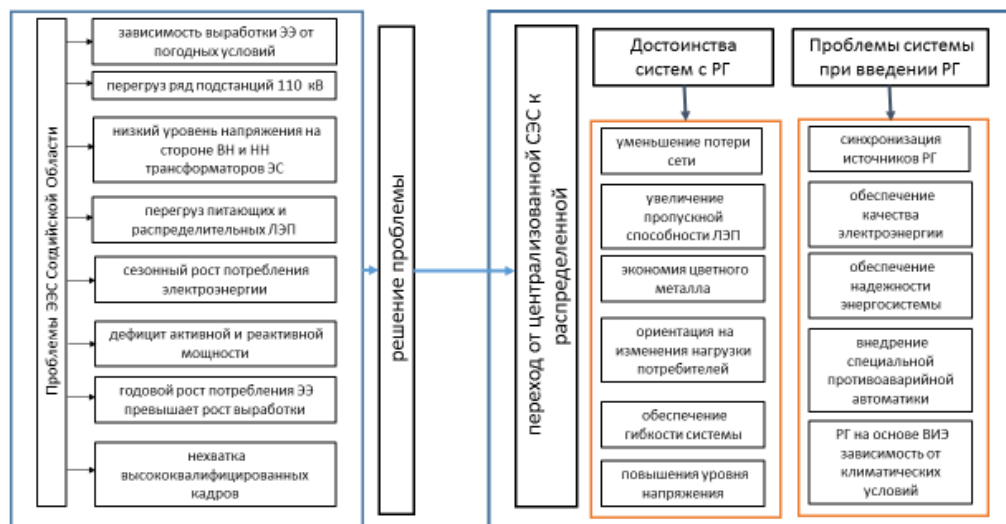


Рисунок 1. Проблемы внедрения систем РГ в Согдийской Области Республики Таджикистан

Строительства и размещение в распределительных сетях непосредственно вблизи потребителя электроэнергии источники малой генерации, способствуют снижению потерь электроэнергии в сети и поддержать уровень напряжения в пределах заданных параметров. Внедрение источников малой генерации на основе возобновляемых источников энергии приемлема с климатической точки зрения, т.к. природные условия региона подходят для внедрения этих систем [5,6, 7, 8].

Методы. Для выбора оптимальных вариантов источников распределенной генерации (РГ) предложена математическая модель, которая состоит из следующих основных компонентов, которые приведены на рисунке 2.

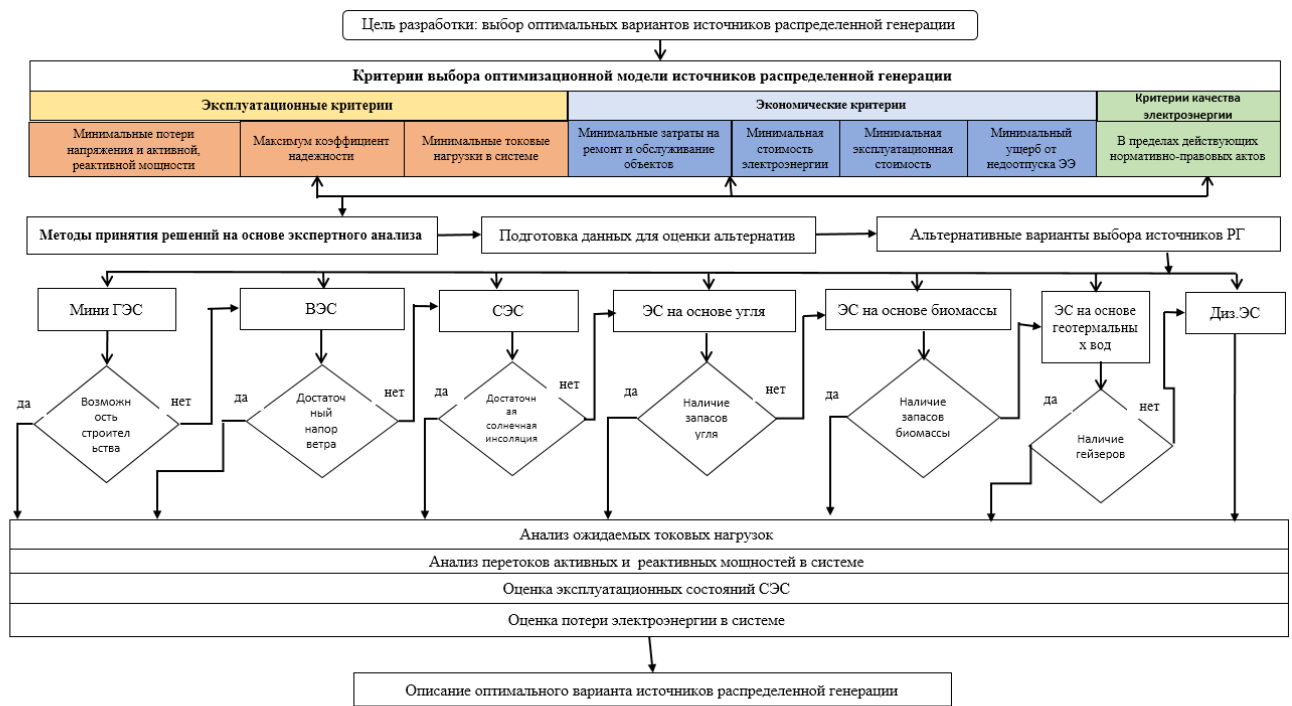


Рисунок 2. Алгоритм выбора источников распределенной генерации

Для выбора оптимальных вариантов источников РГ следует учитывать эксплуатационные, экономические и критерии качества электроэнергии.

Эксплуатационные критерии учитывают минимальные потери напряжения, активной и реактивной мощности, максимум коэффициента надежности в период эксплуатации и минимальные токовые нагрузки в системе [9, 10]:

$$k_{РГЭК} = f(\Delta U_{\min}; \Delta P_{\min}; \Delta Q_{\min}; k_{n \max}; I_{cm \max}) \quad (1)$$

где: $\Delta U_{\min}$ – минимальные потери напряжения в системе, кВ;

$\Delta P_{\min}$ – минимальные потери активной мощности в электроэнергетической системе, кВт;

$\Delta Q_{\min}$ – минимальные потери реактивной мощности в энергосистеме, кВАр;

$I_{cm \max}$ – минимальные токовые нагрузки в максимальном и минимальном режиме, кА;

$k_{n \max}$ – коэффициент надежности энергосистемы.

Критерий надежности является комплексным показателем, объединяющим надежность системы электроснабжения при проектировании и эксплуатации при внедрении систем распределенной генерации:

$$k_{n \max} = f(g_1 = P_{\text{проект}}; g_2 = P_{\text{эспл}}) \quad (2)$$

Экономические критерии учитывают минимальные затраты на ремонт и обслуживание объектов РГ, минимальную стоимость отпускаемой электроэнергии, минимальную эксплуатационную стоимость и минимальный ущерб от недоотпуска электроэнергии в случае выхода из строя источников РГ:

$$k_{РГЭКОН} = f(Z_{рем\ min}; Z_{обслуж\ min}; C_{экс\ min}; Э_{экс\ min} Y_{ЭЭ\ min}) \quad (3)$$

где: $Z_{рем\ min}; Z_{обслуж\ min}$ — минимальные затраты на ремонт и обслуживание объектов РГ, тыс.руб.

$C_{экс\ min}$ — минимальная стоимость отпускаемой электрической энергии, тыс.руб. кВт*час;

$Э_{экс\ min}$ — минимальная эксплуатационная стоимость электрооборудования, тыс.руб /год;

$Y_{ЭЭ\ min}$ — минимальный ущерб от недоотпуска электроэнергии, тыс.руб.

При введении в эксплуатации источников РГ показатели качества электроэнергии должны находиться в пределах регламентированных норм, в соответствии с действующими нормативно–правовыми документами [11, 12, 13].

Результаты. После установления выше указанных критериев в зависимости от географического расположения энергосистемы, наличия природных ресурсов, с учетом климатических особенностей региона на основе метода экспертного анализа предлагается методы принятия решений, подготовка данных и альтернативные варианты источников РГ [14,15].

Согласно предлагаемому алгоритму для строительства различных видов источников РГ следует учитывать природные особенности региона и природные ресурсы, расположенные вблизи проектируемой энергосистемы.

Например, мини ГЭС следует установить при наличии горных рек и ручеек с достаточным напором и возможности строительства. При отсутствии условия строительства мини ГЭС рассматриваются другие варианты источников РГ. Для строительства ветряных электростанций (ВЭС) необходим достаточный напор ветра и места для установки ВЭС. Для строительства солнечных электростанций необходима достаточная солнечная инсоляция. При наличии месторождений угля вблизи района целесообразно построить электростанций на основе угля и т.д. При отсутствии источников РГ, приведенных в алгоритме рекомендуется построить электростанцию на основе дизельного топлива. Естественно, стоимость электроэнергии на таких видах электростанций выше чем в

других видах, но их применение для среза пиков нагрузки является правильным решением.

После выбора типа источников РГ производится анализ токовых нагрузок, анализ перетоков активной и реактивной мощностей в системе в максимальном и минимальном режиме, оценка эксплуатационного состояния системы электроснабжения и потери электроэнергии в энергосистеме.

Заключение. Таким образом, при выборе источника РГ следует учитывать географическое расположение района, особенности систем электроснабжения, природные и климатические характеристики (наличие рек и ручьев с достаточным напором, скорости ветра, солнечной инсоляции, геотермальных вод и т.д.) района, наличие природных месторождений (уголь, газ, торф и т.п.). Производить технико-экономический анализ выбранного варианта с целью определения экономических затрат на строительство и эксплуатации источников РГ.

Источники

1. Toshkhodzhaeva, M., Gracheva, E., Rahimov, O., Dadabaev, S. Problems of Electric Power System Management taking into account Sources Distributed Generation/ E3S Web of Conferences, 2020, 220, 01034
2. Куликов А. Л., Осокин В. Л., Папков Б. В. Проблемы и особенности распределённой электроэнергетики //Вестник НГИЭИ. – 2018. – №. 11 (90) –С.123–136.
3. Косарев Б. А. и др. Оптимизация функционирования электротехнической системы с распределенной генерацией //Актуальные вопросы энергетики. – 2019. – №. 1. – С. 99–103.
4. Варганова А. В. О методах оптимизации режимов работы электроэнергетических систем и сетей //Вестник Южно-уральского государственного университета. Серия: энергетика. – 2017. – Т. 17. – №. 3.
5. Кощук Г. А. и др. Выбор оптимального напряжения источника энергии для системы электроснабжения с распределенной генерацией //Омский научный вестник. – 2018. – №. 6 (162).
6. Шуманский Э. К., Булатов Ю. Н. Перспективы применения мультиагентного управления в системах электроснабжения с установками распределенной генерации //Интеллектуальные энергосистемы: труды V Международного молодёжного форума, 9–13 октября 2017 г., г. Томск. Т. 2.—Томск, 2017. – 2017. – Т. 2. – С. 278–281.

7. Сухов А. А., Стушкина Н. А. Модернизация систем электроснабжения сельских потребителей путем внедрения распределенной генерации //Агроинженерия. – 2018. – №. 5 (87).
8. Дзюба А. П., Соловьева И. А. Интеграция систем управления спросом на электроэнергию и газ с малой распределенной генерацией промышленного предприятия //Вестник Томского государственного университета. Экономика. – 2019. – №. 45.
9. Папков Б. В., Осокин В. Л., Куликов А. Л. Об особенностях малой и распределенной генерации в интеллектуальной электроэнергетике //Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2018. – Т. 22. – №. 4 (82)
10. Xiong X. et al. Risk-based multi-objective optimization of distributed generation based on GPSO-BFA algorithm //IEEE Access. – 2019. – Т. 7. – С. 30563–30572.
11. Bhadoria V. S., Pal N. S., Shrivastava V. Artificial immune system based approach for size and location optimization of distributed generation in distribution system //International Journal of System Assurance Engineering and Management. – 2019. – Т. 10. – №. 3. – С. 339–349.
12. Hernandez M. et al. Simulation-based validation for voltage optimization with distributed generation //2017 IEEE Power & Energy Society General Meeting. – IEEE, 2017. – С. 1–5.
13. Singh B., Sharma J. A review on distributed generation planning //Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2017. – Т. 76. – С. 529–544.
14. Hossain E. et al. Analysis and mitigation of power quality issues in distributed generation systems using custom power devices //Ieee Access. – 2018. – Т. 6. – С. 16816–16833.
15. Lwin M. et al. Protective device and switch allocation for reliability optimization with distributed generators //IEEE Transactions on Sustainable Energy. – 2018. – Т. 10. – №. 1. – С. 449–458.

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИЕЙ

Рахимов О. С., Тошходжаева М.И., Джураев М.М.

Худжандский политехнический институт Таджикского Технического

Университета имени М.Осими, г. Худжанд, Таджикистан

shukrona14_01_2011@mail.ru, muhsin0799@mail.ru

В статье произведен анализ устойчивости электроэнергетической системы с распределенной генерацией методом имитационного моделирования в среде Matlab. В качестве параметров устойчивости систем электроснабжения принят напряжение в узловых точках. Определены сложности работы систем противоаварийной автоматики по сравнению с централизованной системой электроснабжения. Изложены основные принципы обеспечения устойчивости электроэнергетической системы с распределенной генерацией для потребителей электроэнергии, нагрузка которых не меняется в течении времени, к ним относятся предприятия горнодобывающей промышленности, сталеплавильные печи и шахты по добыче угля. Приведено описание системы электроснабжения промышленного района. Представлены результаты моделирования системы электроснабжения в среде Matlab. В модели представлены основные оборудования системы электроснабжения региона, комплект контрольно–измерительных приборов, для контроля изменения электрических и механических параметров на зажиме основного генератора. Выявлен основной параметр характеризующий устойчивость системы электроснабжения, изменение угла фазового сдвига между ЭДС–ом генератора и напряжением сети. Определены по графику время переходного процесса при пуске основного генератора, время окончания переходного процесса, и разница углов между ЭДС–ом генератора и напряжением сети.

Ключевые слова: модель, электроэнергетическая система, распределенная генерация, устойчивость, электрический ток, генератор

При анализе функционирования электроэнергетических систем, учитываются не только электромагнитные параметры систем электроснабжения, но и механические параметры элементов системы, поскольку эти параметры оказывают влияние на электромагнитные процессы. Электромеханические процессы в основном происходят в генераторах, двигателях нагрузки в регуляторах, где электрическая энергия преобразуется в механическую. В качестве параметров

электроэнергетической системы принят напряжение в узловых точках и токи в ветвях ЭС, а под возмущением понимают изменение механического момента на валу двигателя, генераторов или мощности нагрузки [1, 2].

При управлении системы электроснабжения без систем распределенной генерации (РГ), расчеты переходных процессов производится с учетом изменения схемно–режимной ситуации, правильная работа противоаварийной автоматики обусловлен просмотром значительного количества аварийных ситуаций за ограниченное время, чтобы не допустить каскадное развитие аварий в системе электроснабжения [3, 4].

При децентрализованном электроснабжении обеспечение селективности работы противоаварийной автоматики значительно сложнее чем при централизованной электроснабжении, поскольку при введении дополнительных источников электроэнергии изменяется свойства электроэнергетической системы. Поэтому требуется разработка новых подходов обеспечения устойчивости электроэнергетической системы с учетом специфики задач управления сетей с распределенной генерацией. Основной целью исследования является анализ статической и динамической устойчивости электроэнергетических систем с РГ в нормальных и аварийных ситуациях [5, 6].

Принципы анализа статической и динамической устойчивости приведены на примере электроэнергетической системы с распределенной генерацией, которая состоит из источника питания (синхронный генератор без устройства АВР) мощностью 187 мВА, повышающего трансформатора мощностью 140 МВА напряжением 10/110 кВ, воздушной линии электропередач (ВЛЭП) протяженностью 11,4 км, поперечное сечение которого составляет АС–95 мм², двух понижающих трансформаторов мощностью 16 мВА напряжением 110/10 источника распределенной генерации мощностью 25 мВА (на рисунке показана как подсистема). Источник РГ расположен на территории промышленного предприятия, предназначен для частичной разгрузки электроэнергетической системы, коэффициент мощности промышленного предприятия составляет 0,87 и при включении дополнительного генератора коэффициент загрузки трансформаторов составляет 0,69, при их мощности 16 МВА. (рисунок 1)

Следует отметить, что электрическая нагрузка на стороне низкого напряжения условно не меняется в течении времени, исключением является промышленное предприятие где установлено источник РГ. К нагрузкам которые не меняются в течении времени можно отнести предприятия горнодобывающей промышленности, электродуговые

сталеплавильные печи и шахты по добыче угля. На территории Согдийской области к таким секторам принадлежат предприятия, расположенные на территории г. Гулистон.

По условным обозначениям, которые применены в модели можно определить местоположение выше перечисленных элементов электроэнергетической системы. На модели представлены контрольно–измерительные приборы, которые предназначены для контроля механических и электрических параметров системы. Между источником и повышающим трансформатором расположен комплект измерительных приборов, основная предназначение которых является контроль изменения электрических и механических параметров на зажиме основного генератора. На выходе понижающих трансформаторов также подключены контрольно–измерительные приборы.

Одним из основных параметров, характеризующими устойчивость электроэнергетической системы, являются изменение угла фазового сдвига между ЭДС–ом генератора и напряжением сети, которая определяется по формуле [6]:

$$\lambda = \frac{\varphi_E - \varphi_U}{\varphi_E} \quad (1)$$

где: φ_E –угол фазового сдвига генератора, градус

φ_U – угол фазового сдвига напряжения сети, градус

На рисунке 2 приведен график фазового сдвига в течении времени. На графике отчетливо выделяется три отрезка времени, которые соответствуют трем режимам работы электроэнергетической системы. В течении 0,1 секунды производится пуск всей системы транспортировки электроэнергии, переходной процесс пуска системы заканчивается через 0,6 секунды и ротор основного генератора совершает колебание устойчивого значения угла равным 27 градусам, которая зависит от величины и характера нагрузки.

Таким образом, исследование режимов работы энергосистем с распределенной генерацией путем моделирования в среде MatLAB в значительной степени сокращает затраты на проектирование энергосистем и исследование режимов. При этом такой метод анализа обладает наглядностью и позволяет прогнозировать поведение системы при работах, связанных с модернизацией электроэнергетических систем.

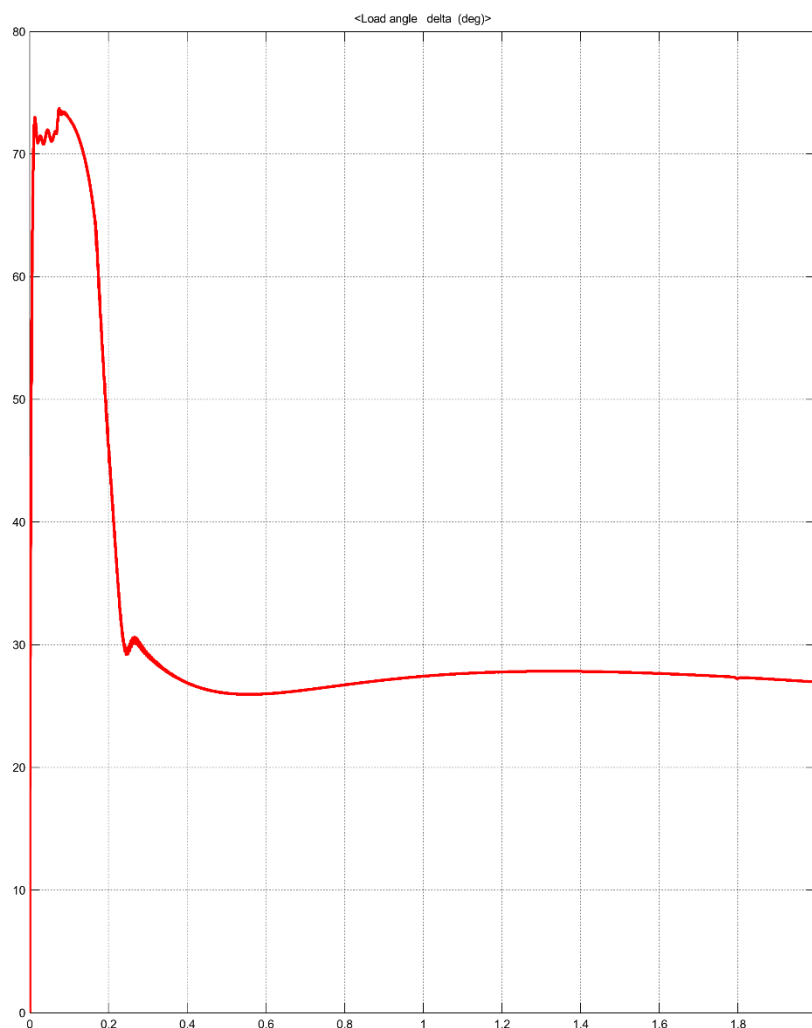


Рисунок 2. График изменения угла фазового сдвига между ЭДС-ом генератора и напряжением сети.

Источники

1. Соснина Е. Н., Шалухо А. В., Липужин И. А. Исследования устойчивости изолированных систем электроснабжения с ветро-дизельными электростанциями //Пром-Инжиниринг. – 2016. – С. 280–285.
2. Tanaka T., Yamasaki M. Simulation analysis of AC power supply system stability //IEICE transactions on communications. – 2004. – Т. 87. – №. 12. – С. 3465–3470.
3. Using Swarm Intelligence Algorithm for Symmetrization of Electric Networks Makletsov, A.M., Cuong, L.Q., Vorkunov, O.V., Maksimov, V.V., Kurakina, O.E. International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices, EDM. – 2024. – pp. 1490–1495.
4. Буланова О. В. и др. Анализ переходных режимов систем электроснабжения промышленных предприятий, имеющих в своем составе

объекты малой энергетики //Промышленная энергетика. – 2010. – №. 4. – С. 22–28.

5. Бийгазиева К. Ж., Суеркулов М. А. Способы обеспечения статической устойчивости систем электроснабжения //Наука и инновационные технологии. – 2016. – №. 1. – С. 82–85.

6. Горячев В. Я., Елинов Д. А., Кудашев А. В. Анализ устойчивости энергетической системы путем имитационного моделирования в среде Matlab //Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». – 2008. – Т. 1.

7. Малафеев А. В. и др. Анализ статической устойчивости синхронных генераторов //Главный энергетик. – 2013. – №. 7. – С. 17–25.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Рогульский М. И., Гиззатова И. Д.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
maxonlin2003@gmail.com

В тезисе рассматриваются основные моменты проектирования и эксплуатации объектов электроэнергетики, включая современные технологии, требования к надежности и безопасности, а также экологические и экономические факторы. Анализируются проблемы, с которыми сталкиваются специалисты в данной области, и предлагаются пути их решения для повышения эффективности и устойчивости электроэнергетических систем.

Ключевые слова: электроэнергетика, энергоснабжение, энергоэффективность, проектирование.

Электроэнергетика играет ключевую роль в современном обществе, обеспечивая функционирование всех сфер жизни. Проектирование и эксплуатация объектов электроэнергетики — это сложные и многогранные процессы, требующие внимания к различным аспектам, включая технологические, экономические и экологические. В данной статье рассмотрим основные особенности этих процессов, а также современные тенденции и проблемы.

Проектирование объектов электроэнергетики включает в себя множество этапов, рассмотрим основные моменты:

1. Несколько этапов проектирования:

- предпроектные исследования: анализ потребностей, выбор местоположения и оценка воздействия на окружающую среду;
- разработка проектной документации: создание схем, чертежей и расчетов, учитывающих требования нормативных актов;
- согласования и экспертизы: получение необходимых разрешений от государственных и контрольных органов.

2. Современные технологии.

С применением новых технологий, таких как моделирование и симуляция, проектировщики могут более точно прогнозировать работу систем и оптимизировать их параметры. Использование программного

обеспечения для проектирования позволяет значительно сократить время на подготовку документации и повысить качество проектных решений.

3. Учет экологических факторов.

Современное проектирование должно учитывать не только технические характеристики, но и экологические вопросы. Внедрение принципов устойчивого развития и использование возобновляемых источников энергии становятся важными задачами для проектировщиков. Это включает в себя минимизацию выбросов и снижение воздействия на экосистемы [1].

Рассмотрим также вопросы эксплуатации объектов электроэнергетики.

Эффективная эксплуатация электроэнергетических объектов требует четкой организации процессов. Важно обеспечить высокую степень надежности и безопасности, что достигается через регулярные проверки, техническое обслуживание и модернизацию оборудования.

Современные системы управления, основанные на цифровых технологиях, позволяют значительно улучшить эффективность эксплуатации. Использование автоматизированных систем контроля и управления (АСУТП) обеспечивает мониторинг в реальном времени и быстроту реагирования на нештатные ситуации.

Человеческий фактор играет значительную роль в эксплуатации объектов электроэнергетики. Регулярное обучение и повышение квалификации сотрудников позволяют уменьшить риски ошибок и повысить уровень безопасности на объектах [2].

Проектирование и эксплуатация объектов электроэнергетики включают в себя множество проблем, связанных с технологическими, экономическими, экологическими вопросами.

Большая часть существующей инфраструктуры электроэнергетики построена несколько десятилетий назад. Устаревшие системы требуют модернизации для повышения их эффективности, надежности и интеграции с новыми технологиями.

Проектирование систем энергоснабжения требует высокой надежности, так как любые перебои могут привести к серьезным последствиям для потребителей и промышленности. Это усложняет процесс выбора оборудования и технологий.

С увеличением автоматизации и цифровизации электроэнергетических систем растет риск кибератак, что требует внедрения дополнительных мер по защите инфраструктуры.

Строительство новых объектов электроэнергетики, таких как электростанции, линии электропередач и подстанции, требует значительных инвестиций. Это усложняет принятие решений о новых проектах, особенно в условиях ограниченного финансирования [3, 4, 5].

Объекты электроэнергетики могут оказывать негативное влияние на окружающую среду, включая выбросы парниковых газов, загрязнение водных ресурсов и земель. Проектирование новых объектов требует учета экологических стандартов и внедрения экологически чистых технологий [6].

Проектирование и эксплуатация объектов электроэнергетики — это динамично развивающиеся области, требующие постоянного обновления знаний и внедрения новых технологий. Учитывая существующие проблемы и сложности, специалисты должны быть готовы к изменениям и искать инновационные решения для обеспечения устойчивого развития электроэнергетики.

Источники

1. Костюков, В. Н. – "Проектирование и эксплуатация электроэнергетических систем". – М.: Энергия, 2015.
2. Соломатин, В. И. – "Электроэнергетические системы: проектирование и эксплуатация". – СПб.: Политехника, 2018.
3. Шишов, А. П. – "Основы проектирования электроэнергетических объектов". – М.: Энергия, 2017.
4. Техничко–экономическое обоснование применения устройства длительной продолжительности по воздушным линиям электропередачи напряжением 110 кВ/ О. В. Воркунов, Л. В. Долманюк, В. В. Максимов, О. Е. Куракина // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2024. – Т. 11, № 10(151). – С. 79–84.
5. Техничко–экономическое обоснование применения современных типов проводов для воздушных линий электропередачи / О. В. Воркунов, Л. В. Долманюк, В. В. Максимов, А. И. Хаертдинова // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2024. – Т. 8, № 9(150). – С. 23–28.
6. Сабитов, А. Х. Системы автоматического проектирования ЛЭП / А. Х. Сабитов, Д. Р. Нуриева // Развитие современных технологий: теоретические и практические аспекты: сборник статей III Международной научно–практической конференции. – Петрозаводск: Международный центр научного партнерства «Новая Наука» (ИП Ивановская И.И.), 2023. – С. 27–31.

ПРИЧИНЫ ПОВРЕЖДЕНИЯ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ И МЕТОДЫ ИХ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ (ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ)

Рогульский М.И., Наумов О.В.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
maxonlin2003@gmail.com

В тезисе рассматриваются основные причины повреждения линии электропередачи и методы их предотвращения, включая современные технологии, требования к надежности и безопасности, а также экологические и экономические факторы. Анализируются проблемы, с которыми сталкиваются специалисты в данной области, и предлагаются пути их решения для повышения эффективности и устойчивости электроэнергетических систем.

Ключевые слова: электроэнергетика, энергоснабжение, энергоэффективность, повреждение, предотвращение.

Электроэнергетика играет очень важную роль во всем мире, поэтому электроснабжение потребителей является ответственной задачей. Чтобы обеспечить потребителя бесперебойной электроэнергией необходимо, чтобы высоковольтное оборудование всегда находилось в рабочем состоянии и никогда не отказывало. На данный момент высоковольтное оборудование хоть и является надежным, но все равно периодически выходит из строя. Так что далее мы рассмотрим причины повреждения и методы их предотвращения.

Схема передачи электрической энергии состоит из станции, где производится электрическая энергия, повысительной подстанции, где повышается напряжение для уменьшения потерь на передачу, линии электропередач, понизительной подстанции, где напряжение понижается до необходимых значений, далее кабельной линии, еще одного понижающего трансформатора и низковольтной линии. На всех описанных выше точках установлено высоковольтное оборудование, необходимое для стабильной работы энергосистемы.

Начнем с того, что такое высоковольтное питающее оборудование и что к нему относится. Высоковольтное питающее оборудование – это элементы электроэнергетической сети, участвующие в генерации и передачи электрической энергии [1]. К ним относятся: ЛЭП,

высоковольтные трансформаторы, высоковольтные генераторы, КРУ, тяговые электродвигатели, КТПВ, специальные переключатели, высоковольтные выключатели, системы по контролю и измерению.

В данной статье мы рассмотрим участок линии электропередачи. На ЛЭП могут возникнуть следующие виды повреждений: короткие замыкания, обрывы, замыкания на землю, нарушение целостности внешней оболочки, кратковременные повреждения (проявляются только в определенных условиях, например при слишком большой нагрузке на кабель) [2].

Причиной появления данных повреждений могут служить: сильный ветер, приводящий к переклесту проводов, а также их растяжению, в следствии к обрыву, к которому также приводит сильный износ опор, резкие изменения температуры воздуха, атмосферные перенапряжения, которые приводят к перекрытию изоляции и в некоторых случаях к полному ее уничтожению, налипание мокрого снега и обледенение, увеличивающие риск обрыва в следствии высоких механических воздействий, сильное повышение температуры проводов, приводит к снижению прочности, удлинению проводов или полному отжигу, ветви деревьев и птицы, могут приводить к между фазным коротким замыканием, в случае, если будут контактировать одновременно с двумя и более фазами.

Способы устранения повреждений: Для устранения вышеперечисленных повреждений применяются различные способы в зависимости от вида повреждения и его причины. При возникновении междуфазных КЗ и КЗ на землю на срабатывает автоматика, изолирующая участок на котором произошло КЗ от сети, для того чтобы исключить его подпитку, после срабатывает автоматика повторного включения, которая вновь включает участок в сеть, и в случае неустойчивого повреждения сеть начнет работать в штатном режиме, в случае устойчивого повреждения автоматика вновь отключит этот участок на обход которого выедет бригада для выяснения и устранения обстоятельств КЗ [3]. Чтобы не допустить КЗ необходимо периодически очищать просеки от заросших деревьев, а в местах большого скопления птиц устанавливать колонки, издающие звуки охотничьих птиц или выпускать этих самых птиц для облетов вдоль линии.

При повреждении нескольких проволок провода (например, 3 – 5 из 19) поврежденные жилы скручивают, после на них накладывается бандаж или ремонтная муфта. Но при полном обрыве ЛЭП происходит отключение поврежденного участка, который инспектирует выездная

бригада и после нахождения обрыва поврежденный отрезок демонтируется и на его место наращивается провод такой же марки, длины и направления скрутки. Наращивание производится с помощью ремонтных муфт или термитной сварки [4].

Для того чтобы не допустить обрыва линии в случае налипания мокрого снега используются следующие способы: механический – сбивают лёд шестами и дронами со спец. оборудованием, электротермический – пускают по проводам высокий ток, в следствии чего выделяется тепло, провод нагревается и плавит лёд, электромеханический – пропускают импульс тока определенной частоты, который заставляет провод вибрировать и скидывать с себя обледенение и физико–химический, когда провод обрабатывают различными составами не замерзающими при низких температурах [5].

Также немаловажным является проверка состояния опор, которые могут потерять свою механическую прочность ввиду воздействия окружающей среды.

Источники

1. Рожкова, Л. Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций: учебник для использования в учебном процессе образовательных учреждений, реализующих программы среднего профессионального образования / Л. Д. Рожкова, Л. К. Карнеева, Т. В. Чиркова ; Л. Д. Рожкова, Л. К. Карнеева, Т. В. Чиркова. – 8–е изд., стер.. – Москва : Академия, 2012. – 226 с.
2. В.М. Лаврентьев, Н.Г. Царанов Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт ВЛ 110–1150 кВ. – Москва: МЭИ, 2022. – 572 с.
3. Киреева, Э. А. Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем : учебник для использования в учебном процессе образовательных учреждений, реализующих программы среднего профессионального образования по специальности "Электрические станции, сети и системы" / Э. А. Киреева, С. А. Цырук ; Э. А. Киреева, С. А. Цырук. – Москва : Академия, 2010. – 201 с.
4. Кириллов, Г. А. Эксплуатация линий электропередачи / Г. А. Кириллов, Я. М. Кашин. Том Часть 1. – Краснодар : Кубанский государственный технологический университет, 2020. – 263 с. – ISBN 978–5–8333–0962–9. – EDN INLLKQ.
5. Санакулов, А. Х. Проблемы обледенения электрических и контактных сетей / А. Х. Санакулов // Социально–экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация. – 2016. – № 2(69). – С. 34–51.

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТРИЦ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

Рохлов В.А.
ФГБОУ ВО «ТИУ», г. Тюмень, Россия
rohlov.vlad.97@mail.ru
Науч. рук. доц. Хамитов Р.Н.

В тезисе предложен алгоритм определения режимных параметров распределительных электрических сетей, позволяющий облегчить расчетный процесс в задачах, требующих многократных расчетов режимов. Алгоритм основан на применении метода узловых напряжений, метода Ньютона–Рафсона и матриц чувствительности.

Ключевые слова: режимы работы электрических сетей, матрица чувствительности, электрическая сеть, алгоритм, метод Ньютона–Рафсона.

В ходе эксплуатации электросетевого комплекса возникает ряд задач, требующих многократных расчетов установившихся режимов работы одних и тех же участков сети при незначительных изменениях входных данных. Среди таких задач следует отметить: управление уровнями напряжения, управление реактивной мощностью, определение параметров качества электроэнергии, определение оптимальной конфигурации сети [1], определение возможности технологического присоединения новых потребителей.

В программных комплексах, применяемых эксплуатирующими организациями, для расчета режимов работы электрических сетей используется метод Ньютона–Рафсона [2]. Метод Ньютона–Рафсона представляет из себя итерационный процесс решения нелинейной системы уравнений узловых напряжений с применением матрицы Якоби [3]. При этом, при переходе от предыдущего цикла расчетов к следующему возможны два варианта:

1. Схема рассматриваемой сети изменена ввиду изменения марки или сечения проводников, либо изменения количества узлов;
2. Схема сети осталась неизменной.

Изменения в схеме сети влекут за собой изменение количества и/или значения элементов матрицы узловых и взаимных проводимостей, что обуславливает необходимость проведения полного цикла расчетов по методу Ньютона–Рафсона. В случае, если схема сети осталась неизменной, изменения режимных параметров вызваны изменениями мощностей нагрузок, либо управляемых элементов, таких как устройства компенсации реактивной мощности, управляемые шунтирующие реакторы, накопители

электроэнергии и т.д. В таком случае возможно избежать трудоемкого итерационного расчетного процесса путем коррекции параметров рассчитанного ранее режима. Для коррекции ранее рассчитанного «базового» режима необходимо выполнить следующие действия:

1. Обращение матрицы Якоби, определенной при расчете «базового» режима;

2. Составление матрицы чувствительности используя соотношение (1) [4]:

$$A = - \left(\frac{dF}{dX} \right)^{-1} \cdot \frac{dF}{dW} \quad (1)$$

где W – вектор мощностей нагрузок; $\frac{dF}{dW}$ – матрица частных производных, элементы которой являются частными производными уравнений небалансов в узлах по мощностям нагрузок (2):

$$\frac{dF}{dW} = \begin{pmatrix} \frac{\partial F_1}{\partial S_1} & \frac{\partial F_1}{\partial S_2} & \dots & \frac{\partial F_1}{\partial S_n} \\ \frac{\partial F_2}{\partial S_1} & \frac{\partial F_2}{\partial S_2} & \dots & \frac{\partial F_2}{\partial S_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial F_n}{\partial S_1} & \frac{\partial F_n}{\partial S_2} & \dots & \frac{\partial F_n}{\partial S_n} \end{pmatrix} \quad (2)$$

После однократного определения матрицы чувствительности возможна многократная коррекция режима, проводимая по следующему алгоритму:

1. Формирование вектора приращений мощностей в узлах схемы:

$$\Delta W = \begin{pmatrix} S_1^1 - S_1^2 \\ S_2^1 - S_2^2 \\ \dots \\ S_n^1 - S_n^2 \end{pmatrix} \quad (3)$$

где S_i^1 – мощность нагрузки в i -том узле в «базовом» режиме; S_i^2 – мощность нагрузки в i -том узле в текущем режиме.

2. Расчет поправок переменных по формуле (4):

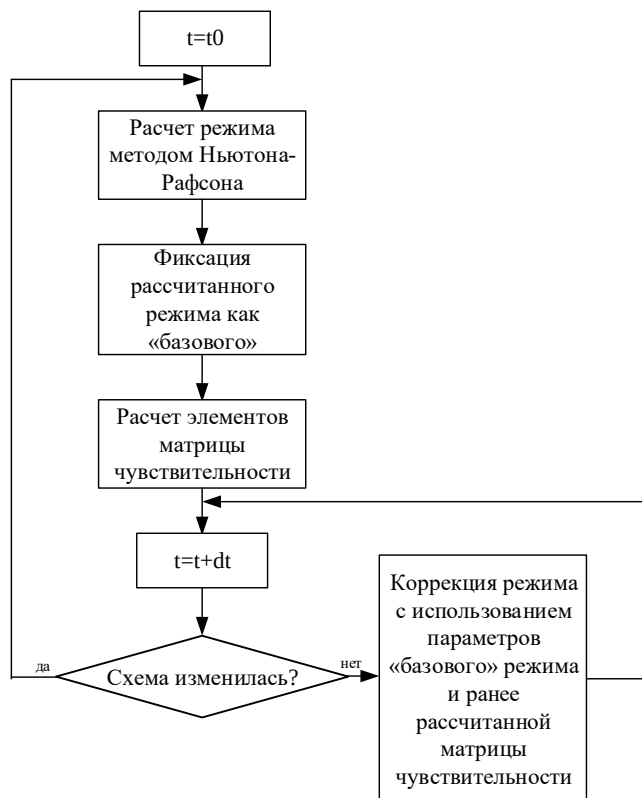
$$\Delta X = A \cdot \Delta W \quad (4)$$

3. Расчет скорректированных значений напряжений в узлах по формуле (5):

$$X_{корр} = X_{баз} + \Delta X \quad (5)$$

где $X_{баз}$ – вектор значений узловых напряжений в «базовом» режиме.

Описанный алгоритм позволяет вместо многократного итерационного процесса решения системы нелинейных уравнений производить умножение заранее известной матрицы чувствительности на вектор приращений мощностей нагрузок и прибавление результата к заранее известному вектору параметров «базового» режима (см. рисунок).



Блок–схема алгоритма определения параметров режима работы распределительной электрической сети

Источники

1. Рохлов В.А., Хмара Г.А., Бойчук Р.С. Способ снижения потерь электроэнергии в распределительных сетях с двусторонним питанием // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2021. – № 4 (67). – С. 98–103.
2. Программные комплексы RastrWin, RastrWin3, Bars, Lincor, Rustab, RastrKZ, RastrMDP. URL: <https://www.rastrwin.ru/> (дата обращения 08.11.2024).
3. Электрические системы и сети : учебник для студентов вузов / В.И. Идельчик. – 2-е изд. – Москва: Альянс, 2009. – 592 с.
4. Крупенёв Д.С. Расчет установившихся режимов электроэнергетических систем с использованием матриц чувствительности первого порядка применительно к задаче оценки режимной надежности // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2017. – Т. 21. – № 9. – С. 146–156.

МЕТОДЫ ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ

Сагдиев Р.Р.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

rifat.sagdieff@yandex.ru

Науч. рук. доц. Воркунов О.В.

В тезисе рассматриваются методы дистанционного контроля состояния воздушных линий электропередачи с применением комплексных методов диагностики. Современные технологии открывают новые возможности для эффективного и безопасного обслуживания воздушных линий электропередачи. Методы дистанционного контроля состояния, основанные на применении беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), датчиков и алгоритмов анализа данных, позволяют своевременно выявлять дефекты, прогнозировать возможные аварии и оптимизировать эксплуатационные расходы.

Ключевые слова: воздушные линии электропередачи, дистанционное зондирование Земли, линия электропередачи, дистанционные методы, производительность, затраты.

Дистанционные методы обследования линий электропередач: взгляд в будущее электросетевого комплекса. В электросетевом комплексе (ЭПК) России на протяжении длительного времени доминирующим способом оценки технического состояния воздушных линий электропередач (ЛЭП) остаются визуальные осмотры, выполняемые персоналом электросетевых компаний. Несмотря на свою устоявшуюся роль, данный метод имеет ряд существенных недостатков. В целях совершенствования контроля технического состояния ЛЭП, ЭПК активно внедряет методы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), позволяющие оптимизировать процесс сбора информации, повысить его точность и объективность. Недостатки традиционных методов осмотра:

- влияние человеческого фактора: Уровень квалификации, внимательность и утомляемость персонала могут напрямую влиять на качество и полноту полученной информации, приводя к пропуску дефектов и неточностям в оценке состояния ЛЭП
- трудоемкость и временные затраты: Визуальные осмотры требуют значительных трудовых ресурсов и времени, особенно при обширных сетях ЛЭП. Это приводит к росту издержек и снижению

оперативности контроля

- сложность обследования труднодоступных участков: Горные, лесистые, заболоченные территории, водные объекты – все эти факторы могут осложнить или сделать невозможным наземное обследование, оставляя "белые пятна" в информации о состоянии ЛЭП [1].

Преимущества методов ДЗЗ:

- высокая производительность: с помощью ДЗЗ возможно обследовать обширные территории за короткий промежуток времени, что значительно повышает эффективность контроля

- точные пространственные данные: Данные ДЗЗ представляются в электронном виде с точной геопривязкой, что позволяет создавать подробные карты состояния ЛЭП и отслеживать изменения в динамике

- исключение субъективности: Автоматизированная обработка данных ДЗЗ минимизирует влияние человеческого фактора, более достоверной

Обзор методов ДЗЗ, применяемых в ЭПК:

1. аэрофотосъемка: Классический метод ДЗЗ, позволяющий получать высоко детальные изображения местности в видимом диапазоне электромагнитного спектра

2. съемка в инфракрасном диапазоне: Позволяет выявлять температурные аномалии, связанные с дефектами оборудования, перегревами и утечками

3. LiDAR: Обеспечивают высокоточное 3D–моделирование местности, что позволяет сделать оценку состояния опор, габаритов трассы и наличия пересечений с другими объектами

4. спектрометрические методы: Позволяют определять химический состав элементов ЛЭП, выявляя коррозию, загрязнения и другие дефекты, влияющие на их состояние

5. радиолокационные методы: Используются для контроля состояния подземных кабельных линий электропередач

Выбор наиболее подходящего метода ДЗЗ для обследования ЛЭП зависит от ряда факторов:

- цели обследования: Определение общего состояния ЛЭП, выявление дефектов, оценка коррозии, контроль охранных зон

- характеристики ЛЭП: Напряжение, тип опор, протяженность трассы, особенности местности

- финансовые возможности: Затраты на оборудование, программное обеспечение, обработку данных [2].

Комплексный подход: синергия методов и эффективная оптимизация. Наилучший результат при дистанционном обследовании ЛЭП достигается при комбинации различных методов и технологий. Например, данные LiDAR могут быть дополнены аэрофотосъемкой для более точного определения координат элементов ЛЭП. Спутниковый мониторинг может использоваться для контроля больших участков трасс, а наземные осмотры необходимы для оценки дефектов, недоступных для дистанционного обследования. Преимущества комплексного подхода:

1. повышение точности данных: Объединение данных из разных источников позволяет получить более полную и точную информацию о состоянии ЛЭП.
2. снижение затрат: Дистанционное обследование позволяет снизить затраты на наземные осмотры, особенно в случае протяженных участков трасс.
3. повышение безопасности: Дистанционное обследование позволяет снизить риски для персонала, работающего на опасных участках [3].

Таким образом, наилучший результат достигается, когда результаты, полученные в ходе дистанционного обследования ЛЭП, дополнены данными наземных осмотров, обследований и измерений. Такой подход обеспечит комплексную информацию о техническом состоянии ЛЭП, что позволит повысить качество планирования ремонтных работ, снизит объём работ для обслуживающего ЛЭП персонала, определив участки трассы, где дистанционное обследование обнаружило конкретные, наиболее критические дефекты (покосившаяся опора, негабарит до земли и т. д.).

Источники

1. Полуянова, М. С. Дистанционные методы обследования линий электропередач / М. С. Полуянова, Д. С. Соколов, Л. В. Боева, Г. Ю. Киселёв. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2017. – № 22 (156). – С. 68–70.
2. Родионов, И. А. бесконтактная диагностика трансформаторного оборудования / И. А. Родионов, О. В. Воркунов, О. Е. Куракина // Инициативы молодых – науке и производству : сборник статей VII Всероссийской научно–практической конференции молодых ученых и студентов. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2024. – С. 463–465.
3. Диагностика воздушных линий [Электронный ресурс].
<https://studfile.net/preview/7518248/page:20/>(дата обращения:04.07.2024).

ПРИМЕНЕНИЕ ВОЛЬТОДОБАВОЧНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Сагдиев Р.Р., Воркунов О.В.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г.Казань, Россия

rifat.sagdieff@yandex.ru; vorcunov_oleg@mail.ru

В данной статье мы рассмотрим принцип действия вольтодобавочных трансформаторов, их применение в электрических сетях и оценим их вклад в экономику электрической энергии.

Ключевые слова: вольтодобавочные трансформаторы, распределительные сети, электрическая энергия, ток, мощность.

Вольтодобавочные трансформаторы, также называемые бустерами, начинают играть роль в современных электрических сетях, особенно в распределительных сетях низкого напряжения (0,4 кВ). Данные устройства предназначены для повышения и поддержания уровня напряжения, а также для увеличения пропускной способности электрических сетей.

Вольтодобавочные трансформаторы работают на основе принципа автотрансформатора, который позволяет увеличивать напряжение в линиях электропередачи без значительного увеличения мощности. Это устройство традиционно используется для автоматической регулировки напряжений отдельных линий или групп линий, компенсируя падение напряжения, возникающее на протяженных линиях электропередачи [1].

Вольтодобавочные трансформаторы широко применяются в распределительных сетях 0,4 кВ, где они обеспечивают стабильный уровень напряжения и увеличивают пропускную способность линий. Это особенно актуально в случаях большой протяженности линий электропередачи, когда установка дополнительной трансформаторной подстанции не оправдывается из-за малого количества потребителей или труднодоступности местности [2, 3].

Одним из главных преимуществ вольтодобавочных трансформаторов является их способность быстро стабилизировать уровень напряжения в сети без необходимости проведения реконструкции линий электропередачи. Это позволяет обеспечить потребителей электроэнергией, качество которой соответствует ГОСТу, что повышает надежность и безопасность электроснабжения.

Применение вольтодобавочных трансформаторов приводит к экономии электрической энергии несколькими способами:

Падение напряжения в линиях электропередачи приводит к увеличению тока, что, в свою очередь, увеличивает потери энергии из-за сопротивления проводов. Вольтодобавочные трансформаторы компенсируют это падение напряжения, снижение тока в линиях и, как следствие, уменьшение потерь энергии [4].

Бустеры пропускают мощность распределительных сетей, что приводит к возникновению большей электрической энергии без необходимости установки дополнительных трансформаторных подстанций. Это низкая нагрузка на существующую инфраструктуру и приводит к необходимости капитального ремонта и реконструкции [5].

Для оценки экономии электрической энергии, достигаемой при использовании вольтодобавочных трансформаторов, можно провести следующий расчёт:

Предполагается, что в распределительной сети 0,4 кВ имеется линия электропередачи длиной 10 км, через которую передаётся мощность 1 МВт при напряжении 0,4 кВ. Без использования бустера падение напряжения на этой линии может составлять до 10%, что приводит к увеличению тока и, соответственно, к увеличению потерь энергии. С использованием вольтодобавочного трансформатора, компенсирующего падение напряжения, можно снизить экономию энергии следующим образом:

Потери энергии без бустера рассчитывается по формуле:

$$W = I^2 \times R$$

Где I — ток в линии, R — активное сопротивление линии.

$$I_{\text{новый}} = 1.1 \times I$$

Потери энергии без бустера находим по формуле:

$$W = (1.1 \times I)^2 \times R = 1.21 \times I^2 \times R$$

При использовании бустера падение напряжения компенсируется, и ток остается на уровне:

$$W = I^2 \times R$$

При этом экономия электроэнергии составляет:

$$\Delta W = 1.21 \times I^2 \times R - I^2 \times R$$

Если предположить, что сопротивление линии $R = 0,5$ Ом и ток $I = 2500$ А (для мощности 1 МВт при напряжении 0,4 кВ), то экономия энергии получаем:

$$\Delta P = 0.21 \times (2500)^2 \times 0.5 = 65625 \text{ Вт} = 65.625 \text{ кВт}$$

Эта экономия энергии может быть резервной, особенно при масштабном внедрении вольтодобавочных трансформаторов в распределительных сетях.

Вольтодобавочные трансформаторы являются эффективным средством для повышения качества электроснабжения и экономии электрической энергии в распределительных сетях. Их способность быстро стабилизировать уровень напряжения, компенсировать падение напряжения на протяженных линиях и увеличивать пропускную способность сетей, делая их незаменимыми в современных электрических сетях. Расчёты показывают, что использование вольтодобавочных трансформаторов может привести к экономии электрической энергии, уменьшению потерь в линиях электропередачи и повышению надёжности и безопасности электроснабжения [6]. Масштабное внедрение данных устройств в распределительных сетях может оказать положительное влияние на энергоэффективность и качество электроснабжения потребителей.

Источники

1. ГОСТ 13109–97. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. М.: Гостсандарт, 1998.
2. Герасименко А.А. Передача и распределение электрической энергии: Учебное пособие / А.А. Герасименко, В.Т. Федин. Ростов–н/Д.: Феникс; Красноярск: Издательские проекты, 2020. 720 с.
3. Савельева, Д. А. Продвижение технического обслуживания силовых трансформаторов: смена парадигмы в сторону предсказательных алгоритмов / Д. А. Савельева, И. С. Павлов // Технические и естественно–научные достижения современности: актуальные вопросы и разработки : Сборник научных статей. – Волгоград : ООО "Сфера", 2024. – С. 148–151.
4. Перинский Т.В., Родионов О.С. Повышение пропускной способности ВЛ 610 кВ // Новости Электротехники. 2021. №4.
5. Сайт компании ООО "Энергоэкспертсервис". URL: <http://www.rtp3.ru> (дата обращения: 25.10.2024).
6. Амиров, Д. И. Определение вольтодобавочного трансформатора и оптимальный выбор места его расположения / Д. И. Амиров, А. М. Маклецов // Нанотехнологии: наука и производство. – 2023. – № 3. – С. 13–17.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ШИНОПРОВОДОВ РАЗЛИЧНЫХ СЕЧЕНИЙ И МАТЕРИАЛОВ

Салихов Р.Р., Воркунов О.В., Гарифуллин М.Ш., Рахманкулов Ш.Ф.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

salihovrail06@gmail.com , vorcunov_oleg@mail.ru, g_marsels@mail.ru,

shamil74000@mail.ru

В данной работе приводится основная информация о методе моделирования с помощью программы COMSOL, о влиянии сечения шинопровода на температуру нагревания. Представляются графические изображения полученного результата и описывается их важность при проектировании.

Ключевые слова: шинопровод, компьютерное моделирование, тепловое моделирование.

На данный момент в Российской Федерации возникла проблема расчета шинопроводов различного сечения и материала. При заданных токовых нагрузках и температурных условиях окружающей среды, с учетом ограничений на максимально допустимую температуру шины методики и стандарты применяются и в других странах, которые не признаются официально в России, а использовать стандарты без соответствующих международных соглашений невозможно. В связи с этим создание инженерного подхода к расчету шин различных сечений и материалов с учетом максимально возможного числа влияющих факторов – это актуальная задача.

Шинопровод – это комплектное устройство, прошедшее типовые испытания, в виде системы проводников, размещенных внутри лотка, трубы или иной подобной оболочки, которое состоит из разделенных промежутками шин, которые в свою очередь опираются на изоляционный материал [1, 2].

Один из ключевых этапов проектирования шинопроводов – разработка соответствующей тепловой модели, которая будет точно воссоздавать работу шинопровода в условиях его реальной эксплуатации. Подготовка правильной модели позволяет определить температуру нагрева как самого шинопровода, так и защитного кожуха (оболочки). Основываясь на этом анализе, можно провести расчет электрических характеристик, таких как сопротивление и напряжение на шинах.

При проведении исследований по моделированию теплового режима применяются математические модели, основанные на дифференциальных уравнениях, которые описывают распределение тепла в системе в условиях установившегося режима. В процессе создания моделей 3D шинопроводов учитываются различные источники тепла, методы теплообмена и граничные условия, необходимые для постановки задачи. Расчеты могут проводиться с использованием различных программных средств, таких как PHOENICS, ANSYS, COMSOL, SimFlow и другие.

В данном исследовании для моделирования был выбран программный комплекс Comsol (Рис.1), доступная в распоряжении исследовательской группы.

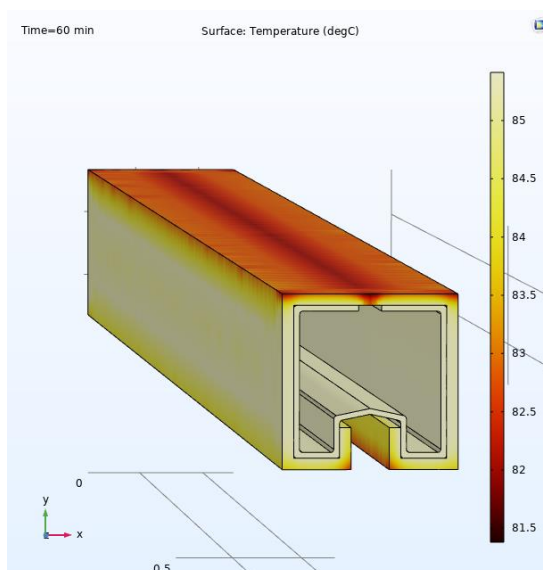


Диаграмма распределения температуры по всему участку шинопровода сечением 64 мм², ток 250А.

Согласно пункту 2.2.4 ГОСТ 10434–82, максимально допустимая температура нагрева в электрических установках до 1000 В для проводников из меди, алюминия и их сплавов без защитных покрытий рабочих поверхностей составляет 95°C [3]. Исходя из результатов математического моделирования, существует теоретическая возможность слегка снизить площадь поперечного сечения шинопровода. При помощи дополнительного итерационного моделирования можно подобрать оптимальное значение сечения, при котором будут выполнены допустимые параметры температурного режима шинопровода – 90 °С.

Однако, результаты только теплового моделирования не могут являться основанием для принятия решения о возможности снижения сечения шинопроводов. Согласно ПУЭ («Правилам устройства

электроустановок») [4] отклонение напряжения от номинального значения не должно превышать допустимое значения в 3%. Необходимо провести дополнительный расчет электрических параметров для обоснования изменения сечения [5, 6].

Таким образом, полученный результат моделирования позволит эффективно решать задачи проектирования, подбора сечений и прогнозирования поведения проводника при заданных условиях.

Источники

1. ГОСТ 28668.1–91. Низковольтные комплектные устройства распределения и управления. Часть 2. Частные требования к системам сборных шин (шинопроводам).
2. ГОСТ 6815–79 Шинопроводы магистральные и распределительные переменного тока на напряжение до 1000 В.
3. ГОСТ 10434–82 Соединения контактные электрические. Классификация. Общие технические требования (с Изменениями № 1, 2, 3).
4. ПУЭ 7. Правила устройства электроустановок. Издание 7.
5. Гервасьева, Ю. Р. Моделирование электрических токов с помощью программного комплекса COMSOL Multiphysics / Ю. Р. Гервасьева, В. В. Максимов // 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. 129–131.
6. Хантимеров, И. М. Компьютерное моделирование воздействия электромагнитных полей ЛЭП на открытые кабельные сети / И. М. Хантимеров, Р. Р. Салихов, О. В. Воркунов // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике : Материалы XVII Всероссийской открытой молодежной научно–практической конференции. – Казань: ООО "Издательство Фолиант", 2022. – С. 354–357.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Саляхутдинова А.Н., Валиуллина Д.М.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
ally_yussupova_98@mail.ru, valiullinadiliya@mail.ru

В тезисе рассматривается концепция надёжности электроэнергетических систем. Причины потерь в распределительных сетях. Факторы, влияющие на надёжность распределительных сетей. Способы повышения надёжности распределительных сетей. Описываются подходы к оптимизации работы распределительных сетей 6–35 кВ. Более подробно возможности улучшения надёжности электроснабжения потребителей и оценка эффективности реализации соответствующих мер демонстрируются на примере Нижегородской сетевой организации. В заключении представлены современные способы повышения надёжности распределительных сетей.

Ключевые слова: надёжность, распределительные сети, эффективность, коммутационный аппарат.

В современном мире надёжность электроснабжения играет ключевую роль в обеспечении стабильности работы промышленных предприятий, жилых комплексов и других объектов. Распределительные сети являются основой для передачи электроэнергии от источников к потребителям, поэтому их надёжность напрямую влияет на качество и эффективность функционирования всей системы. В данной статье рассмотрим теоретические основы повышения надёжности распределительных сетей.

Надёжность распределительных сетей можно определить как способность системы обеспечивать бесперебойное электроснабжение потребителей в соответствии с заданными параметрами качества электроэнергии. Надёжность охватывает такие характеристики, как отказоустойчивость, срок службы, возможность ремонта и сохранность компонентов сети [1].

Причины потерь в распределительных сетях включают:

1. Технологические факторы:

- нагрузочные потери в линиях электропередач, оборудовании и элементах сетей, зависящие от суммарной нагрузки;
- потери в линиях электропередач, связанные с силой тока и принципом повышения напряжения для уменьшения тока;

- климатические условия, влияющие на величину тока утечки в изоляторах и возникновение коронных разрядов.
- 2. Затраты на использование вспомогательных устройств и создание условий для деятельности технического персонала.
- 3. Коммерческая составляющая:
 - погрешности приборов учёта и другие факторы, вызывающие недоучёт электроэнергии [2].

Изучим факторы, оказывающие влияние на надёжность распределительных сетей. На надёжность этих сетей воздействуют различные элементы, которые можно классифицировать на две главные категории: внутренние и внешние. Внутренние факторы связаны с характеристиками и состоянием элементов сети (проводов, кабелей, трансформаторов, коммутационных аппаратов и т. д.), а внешние факторы обусловлены воздействием окружающей среды и условиями эксплуатации сети.

Для повышения надёжности распределительных сетей используются различные методы и технологии. Вот некоторые из них:

Применение современных материалов и технологий при строительстве и реконструкции сетей. Использование высококачественных проводов, кабелей, изоляторов и других компонентов позволяет повысить надёжность и продлить срок службы сети.

Внедрение автоматизированных систем управления и мониторинга. Эти системы обеспечивают быструю диагностику и устранение неисправностей, позволяют следить за качеством электроэнергии и оптимизировать режимы функционирования сети [3].

Применение резервирования и альтернативных источников питания. Резервирование позволяет обеспечить непрерывное электроснабжение потребителей даже при выходе из строя одного из элементов сети. Альтернативные источники питания, такие как солнечные панели или ветрогенераторы, могут использоваться для снижения зависимости от централизованных энергосистем [4].

Рассмотрим один из способов повышения надёжности распределительных сетей на примере Нижегородской сетевой организации ТСО–1. Наиболее часто к отказам в работе приводит отключение линий электропередач – это около 58% аварийных режимов, также около 23% приходится на поломки трансформаторов и выходов из строя коммутационного оборудования. Коммутационное оборудование в ТСО–1 представлено выключателями низкого давления масла старого образца типа ВМП–10, именно из-за них происходит наибольшее количество отказов.

Если же обеспечить ТСО–1 бесперебойной работой выключателей, это положительно скажется и на эффективности работы, и на экономии средств и значительно снизит потери электроэнергии, ведь известно, что в случае выхода из строя выключателя, риск потери электроэнергии увеличивается до 10%. Эксплуатацию данных выключателей желательно не продлевать более чем на 20 лет, а заменить их на более современные вакуумные. Таким образом, замена старых выключателей на современные положительно скажется на эффективности и бесперебойности работы подстанции [5].

Теоретические основы повышения надёжности распределительных сетей включают изучение факторов, влияющих на надёжность, и применение различных методов и технологий для её повышения. Внедрение данных принципов обеспечит надежное и качественное электроснабжение для пользователей, уменьшит вероятность аварийных ситуаций и повысит общую эффективность функционирования системы. [6].

Источники

1. Гук Ю. Б. Теория надежности в электроэнергетике: Учеб. пособие для ВУЗов. – Л.: Энергоатомиздат, 1990–208 с.
2. Воротницкий В. Э., Заслонов С. В., Калинкина М. А. Расчет, нормирование и снижение потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям. М. : ВНИИЭ, 2006. 3. Емекеев А.А., Сагдатуллин А.М., Муравьева Е.А. Интеллектуальное логическое управление электроприводом насосной станции // Современные технологии в нефтегазовом деле: сб. тр. Междунар. науч.–техн. конф. Уфа, 2014. С. 218–221.
3. Жежеленко И. В., Саенко Ю. Л. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях. М. : Энергоатомиздат, 2000.
4. Кавченков В.П. Вероятностные, статистические модели и оценка надежности энергетических систем. Изд. «Универсум», Смоленск, 2002.
5. Прусс В.Л., Тисленко В.В. Повышение надежности сельских электрических сетей. – Л: Энергоатомиздат, 1989.
6. Долецкая Л.И., Кавченков В.П. Выбор мероприятий и оценка техникоэкономической эффективности автоматического секционирования и резервирования распределительных электрических сетей 10 кВ // Энергетика, информатика, инновации–2014: сб. научн. Трудов IV Межд. Научн.–тенич. конф. Филиал МЭИ в г. Смоленске, Смоленск, 2014, Т.1, С 27–30.

ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ОГРАНИЧИТЕЛЕЙ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ

Семенищев А.В.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

semenischevar@yandex.ru

Науч. рук. доц. Сабитов А.Х.

Эта статья посвящена обзору современных методов диагностики ОПН, их преимуществам и недостаткам.

Ключевые слова: ограничители напряжения, ОПН, повреждения, диагностика, электроэнергетические сети.

Ограничители перенапряжения (ОПН) – критически важные элементы электроэнергетических систем, призванные защищать оборудование от повреждений, вызванных импульсными перенапряжениями атмосферного и коммутационного происхождения.

Их надежная работа напрямую влияет на бесперебойность энергоснабжения и безопасность персонала.

Поэтому своевременная и эффективная диагностика состояния ОПН является необходимым условием обеспечения надежной эксплуатации электросетей [1].

Существует несколько типов ОПН, каждый из которых имеет свои конструктивные особенности и, соответственно, требует специфических подходов к диагностике. Наиболее распространены:

ОПН на основе оксида цинка (ZnO): Эти ОПН характеризуются нелинейной вольт–амперной характеристикой и высокой энергоемкостью. Их диагностика обычно сложнее, чем у разрядников, из–за более сложной структуры.

Разрядники: Более простые по конструкции, чем ОПН на основе ZnO, разрядники имеют более предсказуемое поведение и, как правило, легче диагностируются.

ОПН с комбинированной структурой: Сочетание различных типов элементов в одном ОПН усложняет диагностику и требует применения комплексных методов [2].

Диагностика ОПН направлена на выявление различных дефектов, включая пробой или повышенное сопротивление в разрядном промежутке,

которые могут привести к отказу ОПН. Изменение параметров полупроводниковых элементов со временем может снизить эффективность работы ОПН. Повреждение изоляции может привести к утечке тока и возникновению дополнительных проблем. Различные механические повреждения, например, трещины или деформации, могут также влиять на работу ОПН.

Для диагностики состояния ОПН применяются различные методы, которые можно разделить на несколько групп [3].

Наиболее простой и доступный метод – визуальный, позволяющий выявить очевидные повреждения, такие как механические повреждения корпуса, следы пробоя, повреждения крепежных элементов и т.д. Однако он не позволяет обнаружить скрытые дефекты.

Измерение сопротивления изоляции и тока утечки способно оценить состояние изоляции ОПН. Снижение сопротивления изоляции свидетельствует о её повреждении.

Измерение емкости и тангенса угла диэлектрических потерь ($\text{tg}\delta$) оценивает состояние изоляции и выявить скрытые дефекты. Повышенное значение $\text{tg}\delta$ может указывать на начальную стадию деградации изоляции.

Измерение вольт–амперной характеристики (ВАХ), этот метод позволяет определить нелинейные свойства ОПН и выявить отклонения от номинальных параметров. Изменение ВАХ может указывать на деградацию полупроводниковых элементов или повреждение разрядного промежутка. Этот метод наиболее информативен для ОПН на основе ZnO .

Применение высоковольтных импульсов позволяет оценить способность ОПН выдерживать перенапряжения и выявить скрытые дефекты. Этот метод является наиболее точным, но требует специального оборудования и может быть разрушающим.

Метод акустической эмиссии основан на регистрации акустических сигналов, возникающих в ОПН при развитии дефектов. Анализ этих сигналов позволяет выявить скрытые повреждения на ранней стадии [4].

Инфракрасная термография позволяет обнаружить участки локального перегрева, которые могут указывать на наличие скрытых дефектов, таких как повреждение полупроводниковых элементов или плохой контакт.

Для обеспечения максимальной точности и надежности диагностики рекомендуется использовать комплексный подход, сочетающий несколько методов. Выбор методов диагностики зависит от типа ОПН, условий эксплуатации и требуемой точности оценки состояния [5].

Своевременная диагностика ОПН – залог надежной и безопасной эксплуатации электроэнергетических систем. Применение современных методов диагностики позволяет выявлять дефекты на ранней стадии, предотвращая аварии и дорогостоящий ремонт [6].

Выбор оптимального набора методов должен осуществляться на основе анализа конкретных условий эксплуатации и требований к надежности энергосистемы [7]. Постоянное развитие технологий диагностики позволяет повышать точность и эффективность контроля технического состояния ОПН, что обеспечивает безопасность и бесперебойность работы электроэнергетических сетей.

Источники

1. Правила устройства электроустановок. – 7-е изд. – СПб. : Издательство ДЕАН, 2023. – 96 с.
2. Демьяненко К.Б. Нужна ли диагностика ОПН в процессе эксплуатации? Аспекты и актуальные проблемы разработки, производства, испытаний и применения ОПН. – СПб, 2021. 398 – с.
3. Дмитриев В.Л. Диагностика ОПН в эксплуатации // Новости Электротехники, 2023, № 5 (47).
4. Шкаруба М.В. Диагностика ограничителей перенапряжений. Энергоэффективность и экономика. Тематический сборник научных трудов / М.В. Шкаруба, В.В. Полубечко. –Омск: ПЦ КАН, 2022.
5. Агавердиев И.Н., Эйвазов Д.Г., Титков В.В. Особенности теплового режима нелинейных ограничителей перенапряжений в условиях длительной перемежающейся дуги заземления // ЭЛЕКТРО. Электротехника, электроэнергетика, электротехническая промышленность, 2024, № 6.
5. Вагапова, А. А. Коммутационные перенапряжения в вакуумных выключателях / А. А. Вагапова // XXV Всероссийский аспирантско–магистерский научный семинар, посвященный Дню энергетика: Материалы конференции. Том 1. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. – С. 43–45.
6. Козлов, В. К. Автономное устройство для измерения напряжения с дистанционной передачей информации / В. К. Козлов, Д. А. Иванов, Е. Р. Киржацких // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2022. – № 10. – С. 1–9.
7. Воркунов, О. В. Коммутационные процессы в синхронном вакуумном выключателе 6(10) кВ / О. В. Воркунов, В. В. Максимов, П. В. Тарасенко // Научно–технический вестник Поволжья. – 2023. – № 10. – С. 184–186.

ПЕРСПЕКТИВЫ СВЕРХПРОВОДЯЩИХ КАБЕЛЕЙ

Снисаренко А.А.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», Россия, г.Казань

Kirilmefod12@gmail.com

В данной статье речь идет о принципах сверхпроводимости, технологии производства и установки, преимуществах и применении сверхпроводящих линий. Изучены материалы для изготовления сверхпроводящих ЛЭП. Рассмотрены перспективы развития, а также технические и экономические аспекты применения сверхпроводящих кабелей.

Ключевые слова: сверхпроводимость, ЛЭП, эффективность, критическая температура, система, охлаждение, потери, электроэнергия, сопротивление.

Современные технологии не перестают удивлять нас своими достижениями и возможностями, и одной из таких захватывающих инноваций являются сверхпроводящие линии электропередач. Эта технология обещает кардинально изменить способ, которым мы передаем электрическую энергию.

Сверхпроводимость – это квантовое явление, при котором электрическое сопротивление материала падает до нуля при определенной температуре, называемой критической температурой. При этой температуре электроны в материале образуют куперовские пары, которые могут свободно перемещаться без рассеяния, что приводит к бесконечной проводимости и электрический ток течет без потерь энергии.

Сверхпроводимость была открыта в 1911 году голландским физиком Хейке Камерлинг–Оннесом, который наблюдал это явление в ртути при температуре 4К ($-269\text{ }^{\circ}\text{C}$). С тех пор были открыты новые сверхпроводящие материалы, включая сплавы, керамику и органические соединения, с более высокими критическими температурами [1].

Однако, чтобы поддерживать сверхпроводящее состояние, необходимо охлаждать материалы до очень низких температур. Для этого применяют жидкий гелий или азот, что увеличивает стоимость и сложность системы [2].

Материалы, используемые для изготовления сверхпроводящих ЛЭП, должны обладать высокой критической температурой, высокой плотностью тока и устойчивостью к внешним воздействиям, таким как магнитные поля и механические воздействия. Существует два основных типа сверхпроводящих материалов:

1. Низкотемпературные сверхпроводники, такие как ниобий–титан (NbTi) и ниобий–олово (Nb₃Sn), имеют критические температуры ниже 20 К. Они широко используются в медицинских сканерах, ускорителях частиц и других научных исследованиях.

2. Высокотемпературные сверхпроводники, такие как YBCO (итрий–барий–медь–оксид) и BSCCO (висмут–стронций–кальций–медь–оксид), имеют критические температуры выше 77 К. Они требуют более простого охлаждения с использованием жидкого азота, что делает их более привлекательными для использования в СЛЭП.

Однако высокотемпературные сверхпроводники менее устойчивы к высоким токам и магнитным полям, чем низкотемпературные, поэтому выбор материала зависит от конкретного применения.

Процесс изготовления сверхпроводящих ЛЭП требует высокой точности и включает в себя несколько этапов:

1. Создание сверхпроводящего кабеля: этот этап включает изготовление проводника из сверхпроводящих материалов, таких как ниобий–титан или YBCO, и нанесение специальной изоляции. Существуют различные типы кабелей, которые могут быть использованы, включая коаксиальные кабели, кабели с изоляцией из газообразного гелия и кабели с изоляцией из сверхпроводящего материала [3].

2. Охлаждение до критических температур: для этого используются криогенные системы на основе жидкого азота или гелия.

3. Установка кабеля: монтаж требует специальных условий для обеспечения стабильности температуры и защиты от внешних воздействий.

Сверхпроводящие ЛЭП имеют ряд преимуществ перед традиционными высоковольтными линиями электропередачи:

1. Снижение потерь на сопротивление: Сверхпроводимость позволяет передавать электричество без потерь на сопротивление, что приводит к значительной экономии энергии.

2. Повышение эффективности передачи: СЛЭП могут передавать больше электроэнергии по сравнению с традиционными линиями той же мощности за счет увеличения плотности тока.

3. Уменьшение размеров: Система не требует построения массивных опор и установку больших гирлянд изоляторов, поэтому она получается гораздо компактнее.

4. Снижение электромагнитных излучений: излучают меньше электромагнитных полей, что делает их более безопасными для окружающей среды [4].

5. Отсутствие энергетических потерь: Полное отсутствие сопротивления устраняет потери энергии на нагрев.

6. Более высокая пропускная способность: Способность передавать большие объемы энергии через сравнительно тонкие провода.

7. Стабильность и надежность: более устойчивы к внешним воздействиям благодаря отсутствию тепловых нагрузок

8. Экологическая чистота: снижение потерь энергии способствует общей экономии ресурсов и улучшению экологической обстановки.

Эти преимущества делают сверхпроводящие ЛЭП привлекательной альтернативой традиционным линиям электропередачи, особенно в городских условиях, где места для прокладки линий ограничены.

СЛЭП уже находят широкое применение в различных областях:

1. «Россети» внедряют технологии, разработанные «НТИЦ Россети ФСК ЕЭС». В Санкт–Петербурге строится самая длинная в мире высокотемпературная сверхпроводящая кабельная линия (ВТСП КЛ). Эта линия постоянного тока протяженностью 2,5 километра соединит подстанции ПС 330 кВ «Центральная» и ПС 220 кВ «РП–9», расположенные в Московском и Фрунзенском районах города. ВТСП будет способна передавать до 50 МВт мощности при среднем напряжении 20 кВ. На данный момент проложено 1,5 км кабеля. На подстанциях устанавливают преобразовательные устройства. Планируется, что система начнет работу в 2023 году.

2. В настоящее время существует североамериканский проект Tres Amigas («Три подруги»), предусматривающий объединение энергосистем Канады, США и Мексики с помощью высокотемпературных сверхпроводящих–линий с номинальным рабочим напряжением 200 кВ, по которым будет передаваться 5 ГВт мощности. При использовании обычных технологий понадобились бы две линии постоянного тока напряжением 1600 кВ.

3. В Японии уже существуют демонстрационные проекты по использованию таких ЛЭП в городских условиях.

4. В США проводятся исследования по применению этой технологии в крупных промышленных зонах для повышения эффективности энергопередачи.

По мере развития технологий возможно применение в новых областях, таких как высокоскоростные поезда, космические аппараты и системы хранения энергии.

Несмотря на многочисленные преимущества сверхпроводящие ЛЭП имеют ряд технических и экономических ограничений. Основной проблемой является стоимость, такие линии более дорогие в производстве и установке. Это связано с использованием дорогостоящих сверхпроводящих материалов, криогенных систем охлаждения и специального оборудования.

Другим важным фактором является эффективность охлаждения. Криогенные системы, используемые для охлаждения проводов, потребляют энергию и требуют постоянного обслуживания.

Кроме того, сверхпроводники все еще находятся на ранней стадии развития, и их надежность и долговечность еще не полностью изучены. Необходимы дальнейшие исследования и разработки для преодоления этих ограничений и сделать передачу энергии более доступной и надежной.

Будущее сверхпроводящих кабелей выглядит многообещающим. Постоянное развитие сверхпроводящих материалов и технологий охлаждения приводит к снижению стоимости и повышению эффективности. По мере роста спроса на электроэнергию и увеличения масштабов использования возобновляемых источников энергии, сверхпроводники становятся все более актуальными. Ожидается, что сверхпроводящие ЛЭП будут играть ключевую роль в формировании энергетической инфраструктуры будущего, способствуя повышению эффективности, безопасности и устойчивости энергетических систем.

Таким образом, несмотря на текущие технические и экономические препятствия, сверхпроводящие линии электропередачи – это перспективная технология, которая имеет большой потенциал для электроэнергетики всего мира, благодаря таким преимуществам как: снижение потерь на сопротивление, повышение эффективности передачи и компактные размеры. С учетом активных научных исследований можно уверенно сказать, что будущее за внедрением сверхпроводящих технологий

Источники

1. В.Е.Сытников. Сверхпроводящие кабели и перспективы их использования в энергетических системах XXI века. // Сверхпроводимость: исследования и разработки, 2011, №15, 65–74 с.
2. Н.А.Черноплеков. Сверхпроводниковые технологии: современное состояние и перспективы практического применения. // Вестник Российской Академии Наук, Том 71, №4, 2001 с. 303–319, [<http://vivovoco.astronet.ru/vv/journal/vran/suco/suco.htm>]
3. И.М.Дмитриенко. В мире сверхпроводимости. [<https://search.rsl.ru/ru/record/01001037352>]
4. Импульсное управление электромагнитными приводами / А. А. Варенов, В. В. Максимов, О. В. Воркунов [и др.] // Инженерный вестник Дона. – 2024. – № 4(112). – С. 69–80.

МЕТОДЫ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СПРОСА И ПИКОВЫХ НАГРУЗОК В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ

Снисаренко А.А., Валиуллина Д. М.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
Kirilmefod112@gmail.com, valiullinadiliya@mail.ru

Современные энергетические системы решают задачи прогнозирования электроэнергии, особенно в условиях быстрого роста объемов данных и высокой вариативности потребления. В данной статье рассматриваются основные методы кластеризации потребителей энергии, а также особенности их применения для решения задач прогнозирования спроса на электроэнергию.

Ключевые слова: энергетические системы, электроэнергия, k-means, кластеризация, энергия.

Современные энергетические системы сталкиваются со все более сложными задачами прогнозирования спроса на электроэнергию. Стремительный рост объемов данных, высокая вариативность потребления, появление новых типов потребителей – все это значительно усложняет процесс прогнозирования и требует применения новых, более эффективных методов анализа данных.

Одним из ключевых аспектов повышения точности прогнозирования является кластеризация потребителей энергии. Разделение потребителей на однородные группы позволяет выявлять закономерности в их поведении, учитывать специфику различных категорий потребителей при построении прогнозных моделей. Это, в свою очередь, повышает точность и адекватность прогнозов спроса на электроэнергию, а также дает возможность более эффективно управлять пиковыми нагрузками в энергосистеме [1].

Одним из наиболее распространенных подходов к кластеризации потребителей энергии является метод k-means. Он основан на разбиении множества объектов (потребителей) на k кластеров, при этом каждый объект принадлежит к кластеру с ближайшим центром. Применение данного метода позволяет выделить группы потребителей с похожими характеристиками энергопотребления, такими как уровень и профиль потребления, сезонность, реакция на ценовые сигналы и т.д [2].

Другим популярным методом является иерархическая кластеризация. Этот подход предполагает построение древовидной структуры кластеров, где более мелкие кластеры объединяются в более крупные. Такая структура дает возможность более детального анализа и понимания особенностей различных групп потребителей, а также их взаимосвязей.

Также для задач кластеризации потребителей могут быть использованы методы на основе моделей смесей распределений, например, гауссовы смеси распределений. Данные методы позволяют учитывать неоднородность и многомодальность распределений характеристик потребителей, что повышает качество кластеризации [3].

Разделение потребителей на однородные группы посредством кластеризации открывает новые возможности для повышения точности прогнозирования спроса на электроэнергию. Во-первых, это позволяет строить более адекватные модели прогнозирования для каждой выделенной группы, учитывающие их специфические характеристики. Во-вторых, кластеризация дает возможность более точно оценивать и прогнозировать пиковые нагрузки в энергосистеме, поскольку различные группы потребителей могут вносить неодинаковый вклад в формирование пиков потребления [4].

Применение методов кластеризации открывает новые перспективы для сегментации рынка электроэнергии и разработки клиентоориентированных тарифных планов и продуктов. Зная особенности различных групп потребителей, энергетические компании могут предлагать им наиболее подходящие решения, что, в свою очередь, будет стимулировать энергосбережение и более равномерное распределение нагрузки в энергосистеме [5].

Таким образом, методы кластеризации потребителей энергии, такие как k-means, иерархическая кластеризация и модели смесей распределений, являются эффективным инструментом для повышения точности прогнозирования спроса на электроэнергию в условиях высокой вариативности потребления. В настоящее время разрабатываются программы энергосбережения, направленные на повышение энергоэффективности, осуществляется определение системы показателей эффективности этих мероприятий, а также проводится оценка экономической целесообразности от реализации комплекса энергосберегающих действий и получаемой экономической выгоды. Успешная реализация таких мероприятий положительно скажется на финансовых результатах предприятий, способствуя снижению убытков. Кластеризация позволяет выявлять группы потребителей с похожими

характеристиками, что дает возможность строить более адекватные прогнозные модели и точнее оценивать пиковые нагрузки в энергосистеме. Применение методов кластеризации открывает новые перспективы для сегментации рынка электроэнергии и разработки клиентоориентированных решений [6].

Источники

1. Разработка моделей среднесрочного прогнозирования электропотребления в изолированно работающих энергосистемах на основе ансамблевых методов машинного обучения / С.М. Асанова, Дж.С. Ахъеев, С.А. Дмитриев // Известия НТЦ единой энергетической системы. – 2021. – №1 (84). – С.32–39.
2. Антоненков, Д.В. Исследование ансамблевых и нейросетевых методов машинного обучения в задаче краткосрочного прогнозирования электропотребления горных предприятий / Д.В. Антоненков, П.В. Матренин // Электротехнические системы и комплексы. – 2021. – № 3(52). – С. 57–65.
3. Киргизов, А.К. Развитие и оптимизация режимов электроэнергетической системы с распределенными возобновляемыми источниками энергии методами искусственного интеллекта (на примере Республики Таджикистан): дис. ... канд. техн. наук: 05.14.02 / Киргизов Алифбек Кирнизович. – Томск, 2017. – 189 с.
4. Феоктистов, Д. И. Средства измерения числовых параметров в электроэнергетике / Д. И. Феоктистов, О. В. Воркунов // КИП и автоматика: обслуживание и ремонт. – 2024. – № 10. – С. 49–51.
5. Нечистик В.В., Малышева О.А. Разработка модели для прогнозирования электропотребления предприятия // Транспорт Азиатско Тихоокеанского региона. 2019. №2. С. 47–50.
6. Адаптивные ансамблевые модели для среднесрочного прогнозирования выработки электроэнергии гидроэлектростанциями в изолированных энергосистемах с учётом изменений температуры / М.Х. Сафаралиев, П.В. Матренин, С.А. Дмитриев и др. // Электротехнические системы и комплексы. – 2022. – № 1 (54). – С. 38–45.

ЗАЩИТА ПТИЦ ОТ ПОРАЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ КАК ФАКТОР ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ НАПРЯЖЕНИЕМ 110–220 КВ (НА ПРИМЕРЕ СОГДИЙСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ)

Тоштемиров Ш. М.

Худжандский политехнический институт Таджикского Технического
Университета имени М.Осими, г.Худжанд, Таджикистан

Обеспечение надежности является одним из важнейших факторов при создании и эксплуатации любой технической системы. Воздушная линия электропередачи является самым ненадежным элементом электрической сети. Как показывают исследования, основными причинами отказов высоковольтных линий электропередач напряжением 110–220 кВ, наряду с погодными и другими условиями, являются перелетные птицы, которые имеют сезонный характер.

Ключевые слова: энергосистема, электрическая сеть, высоковольтные воздушные линии электропередач, напряжение.

По данным ОДС СогдЭС перелетные птицы являются третьей по значимости причиной отказов в системе электроснабжения, что составляет примерно 30% всех отключений на воздушных линиях электропередачи. Исследования охватывали линии электропередач напряжением 110–220 кВ Согдийской энергосистемы за период 2018–2023 гг. За данный период на высоковольтных воздушных линиях напряжением 110 кВ было зафиксировано 100 отказов, соответственно на линиях 220 кВ– 103 отказа. Причины отказов на высоковольтных воздушных линиях приведены на рисунках 1 и 2.

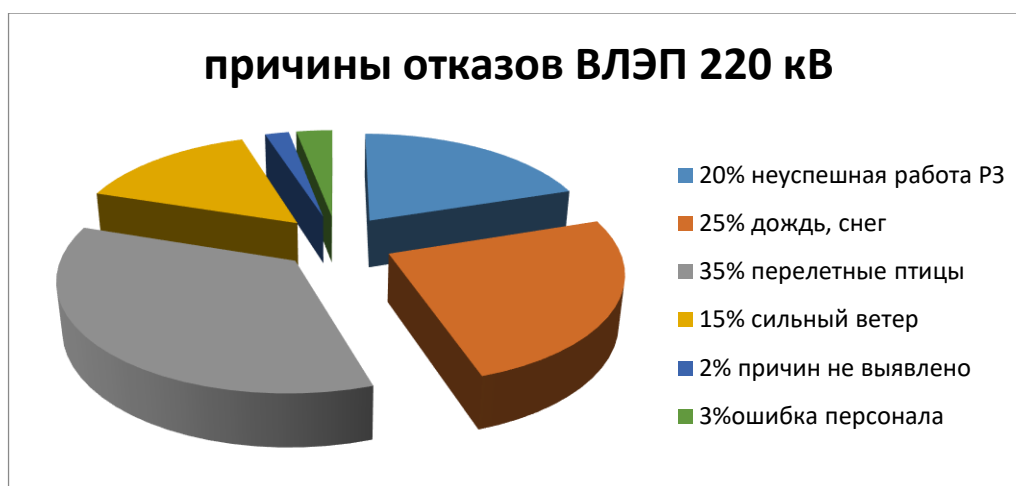


Рис. 1. Причины отказов ВЛЭП 220 кВ за 2018–2023 гг (*по данным ОДС СогдЭС)

Как видно из диаграмм, к сожалению, перелетные птицы играют не последнюю роль в нарушении функционирования ВЛЭП. Кроме сбоя технологических процессов на промышленных предприятиях, понижения качества электроэнергии, ущерба от недоотпуска электроэнергии, наносится вред экологической системе региона по причине гибели птиц из– за соприкосновения с токоведущими частями ВЛ.

По оценкам орнитологов, жертвами от поражений электрическим током на ВЛЭП ежегодно становятся тысячи птиц, часть из которых занесена в Красную книгу Таджикистана. Ущерб живой природе исчисляется миллионами сомони.

Основными видами воздействия птиц на ВЛЭП является следующее:

1) Загрязнение продуктами жизнедеятельности, что увеличивает проводимость изоляторов и становится во многих случаях причиной аварий с последующим отключением.



Рис. 1. Причины отказов ВЛЭП 110 кВ за 2018–2023 гг (*по данным ОДС СогдЭС)

2) Гнездование птиц на траверсах, что способствует снижению качества арматуры линии электропередач, а также снижается качество изоляторов

3) Пляска проводов

4) Прямой контакт птиц с проводами

В большинстве стран мира приняты законы и постановления о защите птиц от поражения электрическим током и разработано множество технических руководств и методических материалов по их реализации.

Например, в Германии действуют стандарт DIN EN 50423–3–4, каталог мероприятий Союза энергетики (VDEW) по «Защите птиц на воздушных ЛЭП», федеральный закон об охране природы (BNatSchG) Германии.

В США действует закон об охране перелетных птиц (MBTA), закон об охране рыбных ресурсов и диких животных (FWA). В России действует Федеральный закон от 24.04.1995 №52–ФЗ «О мире животных», «Правила устройства электроустановок» и другие. В Таджикистане действует закон о животном мире (19.12. 2007 г.), экологический кодекс Республики Таджикистан.

Целью вышеупомянутых законодательных актов является требование к конструктивному исполнению опор, сооружаемых для защиты птиц, и технических элементов воздушных ЛЭП среднего напряжения, которые должны обеспечить защиту птиц от ударов током.

Стратегия государственных органов заключается не в выявлении и наказании виновных, а в обеспечении проведения мероприятий по защите птиц на энергетических объектах.

Несмотря на существующую законодательную базу, имеются отдельные недостатки в классификации защитных устройств и оборудования, несовершенны технические требования и методические указания по применению этих устройств.

В настоящее время к птицевозащитным устройствам предъявляются следующие требования:

1) габариты и конструкции птицевозащитных устройств должны быть согласованы с государственными органами по охране природы;

2) простота монтажа и возможность крепления устройств на различные типы траверсов;

3) стойкость к воздействию климатических факторов;

4) устойчивость к воздействию птичьих экскрементов;

5) срок службы близок к сроку службы воздушных линий;

6) комплексное оснащение опор воздушных линий решениями по защите птиц, согласованных с государственными органами по охране природы.

7) Материалы, изготавливаемые эти устройство должны быть электрически прочными, трекинг стойкими, дугостойкими, пожаробезопасными.

Для уменьшения воздействия птиц на воздушные линии необходимо изучение мирового опыта и внедрение его на практике. В США, для устранения проблемы задевания птиц крыльями проводов, перешли к специальному проекту воздушных линий, т.е. на опорах используются верхние стойки, увеличенные по высоте на 0,4 м и удлиненные на 0,3 м в каждую сторону траверсы

Эффективным мероприятием против гнездования птиц или посадки их на траверсу является монтаж «ежей» из полиэтиленовых прутьев. Однако, их установка часто приводила к обратному эффекту: птицы, пытаясь сесть, шунтировали воздушный промежуток провод–земля.

Одна из китайских компаний производит полимерные изоляторы с диаметром верхнего ребра в 450 мм. Верхнее ребро выполняет роль «зонтика», который защищает оболочку изолятора от дождя и других загрязнений. Иногда устанавливают на траверсах макеты хищных птиц, приборы светового, звукового и ультразвукового отпугивания. Эти меры малоэффективны, так как птицы очень быстро привыкают и не обращают на них внимания.

Таким образом, необходимо разработать комплекс мероприятий по совершенствованию конструкций опор и траверсов линий электропередач. При проектировании ВЛЭП необходимо предусматривать птицепрозрачные конструкции.

Источники

1. Закон Республики Таджикистан «О животном мире» 19.12.2007 г.
2. Экологический кодекс Республики Таджикистан
3. <http://www.news.elteh.ru/arh/2008/52/15.php>

ЛОКАЛИЗАЦИЯ КОММЕРЧЕСКИХ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УЧЁТА

Туитяров А.М.^{1,2}, Хабибуллин М.Н.^{1,2}, Феоктистов И.Н.³, Мухтаров И.И.³

¹АО «Сетевая компания», г. Казань, Россия

²ФГБОУ ВО «КНИТУ–КАИ», г. Казань, Россия

³ООО «Промэнерго», г. Казань, Россия

airattu@mail.ru

Науч. рук. доц. Исаков Р.Г.

Разработана методика анализа данных с приборов учёта электроэнергии для определения принадлежности прибора учёта электроэнергии к фазе и участка коммерческих потерь электроэнергии участка электрической сети 0,4 кВ, которая позволяет автоматизировано найти место безучётного потребления электроэнергии с точностью до пролёта между опорами при помощи анализа данных с приборов учёта электроэнергии 0,4 кВ.

Ключевые слова: электрическая сеть, определение фазы прибора учёта, определение коммерческих потерь, интеллектуальный учёт электроэнергии, хищение электроэнергии, безучётное потребление

Электросетевым организациям постоянно приходится выявлять места безучётного потребления электроэнергии [1]. С развитием интеллектуальных систем учёта [2], появляются новые способы хищения электроэнергии, т.к. старые становятся неосуществимыми.

Безучётное потребление электроэнергии можно зафиксировать только как факт, а поиск очага коммерческих потерь необходимо производить топологическими методами (обход линии бригадой контролёров). Автоматизация поиска мест безучётного потребления на основе информации из системы интеллектуального учёта электроэнергии затруднена из-за: отсутствия информации о фазе, за которой закреплён потребитель (на этапе монтажных работ фаза потребителя нигде не фиксируется, а процессе эксплуатации может меняться); отсутствия методики определения мест коммерческих потерь электроэнергии на основе существующих информационных систем; недостаточного набора параметров, фиксируемых существующими интеллектуальными приборами учёта электроэнергии.

Для автоматизации локализации коммерческих потерь электроэнергии разработана методика на основе данных системы

интеллектуального учёта (рис. 1). А, именно, сопоставления фактических параметров режима и расчётных.

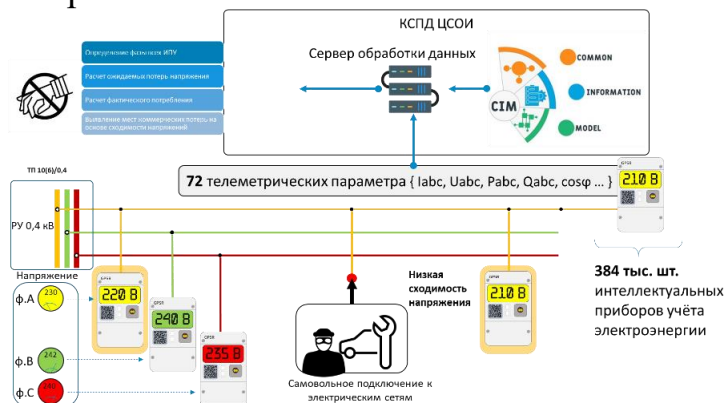


Рис. 1. Структурная схема определения коммерческих потерь на основе интеллектуального учёта электроэнергии.

Фаза, за которой закреплён потребитель, определяется по профилю напряжения (рис. 2): записывается суточный профиль напряжения на всех ИПУ; на основе записанных наборов точек составляются интерполяционные многочлены Лагранжа и присваиваются каждому ИПУ; создаётся список, где каждый ИПУ сортируется в соответствии со сходимостью своего многочлена с соседними; отсортированный список разделяется на фазы при отсутствии сходимости.

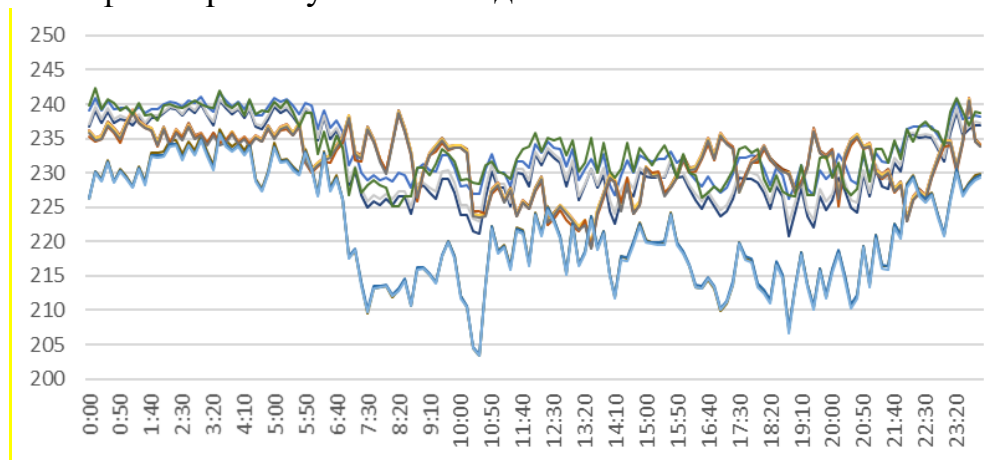


Рис. 2. Суточные 10-минутные профили напряжения нескольких ИПУ одного фидера каждой из трёх фаз.

Разработанный метод определения фазы, за которой закреплён прибор учёта электроэнергии (однофазный), реализованы в виде программного обеспечения (<https://github.com/Ayrat123T/determination-of-the-phase-of-the-metering-device>). Профили напряжения приборов учёта поступают в базу данных через сервер сбора. Разработанное приложение может подключаться к этой базе данных и производить вычисления их основе.

Предварительно внесены изменения в прибор учёта для возможности регистрации 1-минутного профиля тока и напряжения.

Методика состоит из нескольких этапов: определение фазы всех ИПУ; разделение схемы сети на участки по узлам; расчёт напряжений в узлах на основе профилей тока и напряжения; расчет ожидаемых потерь напряжения; расчет фактического потребления; сравнение фактических и расчётных значений напряжения (рис. 3); определение аномальных узлов (мест коммерческих потерь) на основе сходимости напряжений.

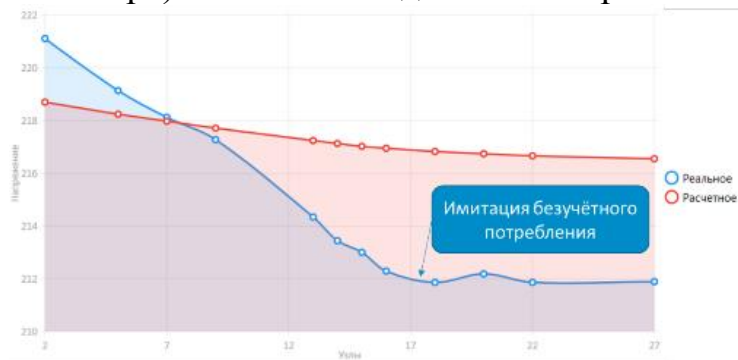


Рис. 3. Расчётное и фактическое значение напряжения в узлах сети вдоль фидера 0,4 кВ.

Расчёт значений параметров режима можно производить программным способом, на основе существующего цифрового двойника электрической сети в виде СІМ-модели, например, с помощью модуля анализа режимов TNA.

Разработанные алгоритмы были протестированы на реальном участке ВЛ–0,4 кВ с имитацией различных коммерческих потерь. В качестве нагрузки использовался нагрузочник 0,4 кВ с шагом регулирования 5 кВт и диапазоном 5–100 кВт, а также переносные нагревательные пушки с плавной регулировкой нагрузки. Были определены границы применимости данного метода (граничные условия): минимальная мощность несанкционированного подключения – 2,5 кВт, минимальная ширина фиксируемого участка (допустимая погрешность) – 2 пролёта между опорами ВЛ–0,4 кВ (~50 м) и т.п.

Источники

- 1.– Красник, В. В. 102 способа хищения электроэнергии : учебное пособие / В. В. Красник. — Москва: ЭНАС, 2012. — 160 с. — ISBN 978–5–4248–0029–0.
- 2.– Зиганшин А.Г., Михеев Г.М. Цифровизация системы учёта электроэнергии // Вестник Чувашского университета. – 2020. – № 3. – С. 74–83. DOI: 10.47026/1810–1909–2020–3–74–83.

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОВТОРНОГО ВКЛЮЧЕНИЯ

Хазиев И.А., Куракина О. Е.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г.Казань, Россия
Ilashaziev33@gmail.com

В данном тезисе рассматривается автоматическое повторное включение как основной элемент электроавтоматики. Выделены современные методы автоматизации автоматического повторного включения.

Ключевые слова: АПВ, электроавтоматика, выключатели, оборудование, микропроцессорные устройства.

Автоматическое повторное включение (АПВ) является одним из ключевых элементов электроавтоматики, широко используемых в современных электрических сетях для обеспечения надёжной и бесперебойной подачи электроэнергии потребителям. Это устройство автоматически повторно включает отключившийся выключатель через определённое время, что существенно ускоряет процесс восстановления нормального режима работы сети после аварийных отключений [1].

Принцип действия АПВ основан на реализации алгоритма, который включает в себя несколько ключевых этапов. Когда выключатель отключается по сигналу защиты, устройство АПВ активирует таймер (реле времени), который через заданный промежуток времени формирует команду на повторное включение выключателя. Этот промежуток времени может составлять от 0,2 до 0,5 секунды и более, в зависимости от напряжения в линии и других факторов, таких как материал и сечение проводов [2].

Одним из распространенных принципов, применяемых в автоматике выключателей, является сравнение положения ключа управления выключателем и состояния самого выключателя. Если на схему АПВ поступает сигнал об отключении выключателя, а ключ управления находится в положении «включено», это указывает на незапланированное (аварийное) отключение выключателя, и устройство АПВ срабатывает для повторного включения [3].

Устройства АПВ могут быть классифицированы по нескольким критериям, а именно однократное, двукратное и трехкратное действие.

Наиболее распространены АПВ однократного действия, хотя в некоторых случаях используются АПВ двукратного и трехкратного действия. Трехкратные АПВ обычно не применяются из-за их низкой эффективности. Также существуют и другие виды АПВ, данные о которых представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Типы АПВ [3]

Тип АПВ	Принцип работы АПВ
Механические	механические АПВ встраиваются в пружинный привод выключателя
Электрические	электрические АПВ воздействуют на электромагнит включения выключателя
Специализированные типы АПВ	существуют специализированные типы АПВ, такие как быстродействующие АПВ (БАПВ), АПВ с проверкой наличия или отсутствия напряжения (АПВНН и АПВОН), а также АПВ с ожиданием или улавливанием синхронизма (АПВОС и АПВУС)

Автоматическое повторное включение (АПВ) представляет собой ключевую технологию в области энергоснабжения и систем управления, обеспечивающую восстановление работы оборудования после отключения. Актуальность этой темы возросла с нестабильностью сетей в последнее десятилетие. На сегодняшний день существует несколько эффективных методов АПВ, каждый из которых имеет свои особенности и преимущества.

Одним из наиболее распространённых методов является использование релейных систем. Программируемые логические контроллеры (ПЛК) включают в себя функции управления релевантными временными задержками, что позволяет уверенно повторно включить оборудование в заранее заданные промежутки времени после его отключения. Этот подход гарантирует, что оборудование не будет перегружено и даст возможность сбалансировать нагрузку [4].

Также можно выделить применение интеллектуальных систем мониторинга, которые используют данные в реальном времени для определения оптимального времени повторного включения. Эти системы могут анализировать параметры работы оборудования и принимать решения на основании предиктивной аналитики, что позволяет заблаговременно предотвращать сбои и минимизировать потери.

На наш взгляд, самым широко применяемым способом автоматического повторного включения (АПВ) является трехфазное среднее повторное включение (ТАПВ).

Это метод, при котором независимо от числа поврежденных фаз все три фазы участка цепи отключаются, а затем повторно включаются одновременно. ТАПВ более простой в реализации и широко используется, поскольку многие выключатели не оснащены пофазным управлением, адаптером для однофазного АПВ.

Также популярным является быстродействующее АПВ, которое применяется на линиях с небольшим расхождением угла между векторами ЭДС с переключаемыми системами. Это позволяет включать линию быстро, без значительных толчков тока и качаний, что особенно важно для линий, соединяющих две части энергосистемы.

Эти методы широко используются в электрических сетях для быстрого восстановления питания потребителей и межсистемных связей.

Автоматическое повторное включение является критически важным компонентом современных электрических сетей, обеспечивая быстрое восстановление нормального режима работы после аварийных отключений. Современные микропроцессорные устройства АПВ предлагают высокую надежность, упрощенную интеграцию и легкость обслуживания, что делает их незаменимым инструментом в современной электроавтоматике. Правильная эксплуатация и обслуживание этих устройств гарантируют бесперебойную и надежную подачу электроэнергии потребителям.

Источники

1. Анищенко, В.А. Основы надежности систем электроснабжения: пособие для студентов специальности «Электроснабжение» / В.А. Анищенко, И.В. Колосова. – Минск: БНТУ, 2021. – 151 с.
2. Виноградов, А.В. Анализ состояния воздушных линий 6–10 кВ в Орловской области / А.В. Виноградов, О.В. Крысенко // Электрика. – 2020. – № 2. – С. 16–18.
3. Лещинская, Т.Б. Электроснабжение сельского хозяйства: учебник / Т.Б. Лещинская, И.В. Наумов. – М.: БИБКМ: ТРАНСЛОГ, 2021. – 656 с.
4. Воркунов О. В. автоматизированная система контроля возникновения замыканий на корпусе электрооборудования // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике: Материалы Международной молодежной научно–практической конференции, посвященной 55–летию КГЭУ. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2024. – С. 165–167.

К ВОПРОСУ НЕСИММЕТРИИ В ГОРНЫХ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ СВЕРХВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Ходжиев А. А.

Худжандский политехнический институт Таджикского Технического

Университета имени М.Осими, г.Худжанд, Таджикистан

hojiev.anvar@bk.ru

Рассмотрены особенности проектирования воздушных линий электропередачи для горных районов Таджикистана. Дана количественная оценка влияния рельефа местности и различия в положении проводов на опоре на величину несимметрии токов и напряжений для линий сверхвысокого напряжения, выявлена необходимость учета данных факторов при решении типовых практических задач расчета несимметрии токов и напряжений в горных линиях электропередачи высокого и сверхвысокого напряжения.

Ключевые слова: рельеф горной местности, несимметрия токов и напряжений, электрическое поле, емкостная проводимость, токи обратной и нулевой последовательностей, релейная защита, электромагнитная индукция, транспозиция проводов.

Республика Таджикистан по характеру поверхности – типичная горная страна с отметками абсолютных высот от 300 до 7495 м. 93% его территории занимают горы, относящиеся к высочайшим горным системам Центральной Азии. Почти половина территории Таджикистана расположена на высоте более 3000 м.

Климат умеренный с чертами резкой континентальности, что способствует весьма жаркому лету и холодной зиме. Высоко в горах расположены мощные ледники, за счёт которых республика богата многочисленными горными реками, что является показателем больших запасов гидроэнергетических ресурсов.

На сегодняшний день обеспечение надёжности электроснабжения по воздушным линиям электропередачи (ВЛЭП) при оптимизации затрат становится одной из наиболее проблем. Потери электроэнергии, связанные с нерациональной эксплуатацией в высокогорных условиях, порождают проблемы энергосбережения и влияют на надёжность электроснабжения. Вопросы надёжности работы линий электропередачи и

устойчивости целостной энергетической системы остаются актуальными и в настоящее время [1, 2].

Условия высокогорья предъявляют свои особые требования к проектированию, строительству, монтажу и эксплуатации воздушных ЛЭП [3]. Отсюда возникает вопрос: «Каким образом условия высокогорья, специфика проектирования, сооружения и эксплуатации ВЛЭП влияют на надёжность электроснабжения промышленности, агропромышленного комплекса и жилищно–бытового сектора Республики?»

Для ответа на этот вопрос необходимо проанализировать условия строительства и эксплуатации ВЛЭП с учётом условий высокогорья.

Проектирование линий электропередачи для горной местности имеет свою специфику, обусловленную пересечённым рельефом местности, неоднозначной геологией, наличием микроклимата и трудностями с доступностью к трассе. Горная трасса ВЛЭП, характеризующаяся глубокими и широкими оврагами, резкими подъёмами и спусками, приводит к неравенству пролётов, сильно отличающихся от расчётных и, следовательно, к неравенству электрических параметров. Достаточно большая же разность на вертикальных отметках точек подвеса проводов приводит к резкой несимметрии электрических параметров по фазам воздушной линии.

В горных условиях не всегда возможно соорудить опоры на расчётных площадках и строго соблюдать межфазное расстояние, что определено влияет на электрические параметры линии. Эти особенности ставят в свою очередь ряд других вопросов, имеющих в условиях равнины второстепенное значение: это, в первую очередь, разработка методов расчёта электрических параметров воздушных линий, учитывающие все особенности высокогорных линий высокого и сверхвысокого напряжения.

Данная задача особенно актуальна в связи с развитием электрических сетей Таджикистана, в особенности с сооружением ВЛЭП 500 кВ «Юг–Север».

Целью настоящей статьи является количественная оценка влияния рельефа местности и различия в положении проводов на опоре на величину несимметрии токов и напряжений для линий сверхвысокого напряжения и выявления необходимости учёта этих факторов при решении типовых практических задач расчёта несимметрии в высокогорных линиях высокого и сверхвысокого напряжения.

Расчёты для ВЛЭП 500 кВ показали, что небольшой обрыв в пролёте приводит к перераспределению зарядов на поверхности проводов. С увеличением глубины обрыва среднее значение удельной ёмкости в

пролёте, и, соответственно, напряжённость электрического поля на поверхности проводов снижаются. Кроме этого, необходимо отметить, что падение удельной ёмкости и напряжённости электрического поля на поверхности проводов крайних фаз больше, чем в средней фазе.

Если для условий равнины разности величины удельной ёмкости крайней и средней фаз составляет в среднем 4,5 %, то с увеличением глубины обрыва горы эта величина резко возрастает и достигает до 10 и более %, т.е. резко растет несимметрия параметров фаз ВЛЭП 500 кВ

Расчёт составляющих ёмкостной проводимости показал, что рельеф трассы ВЛЭП оказывает сильное влияние на величину ёмкостной проводимости и данное влияние разнится для каждой отдельной фазы и отдельного случая рельефа местности. Так, к примеру, влияние рельефа трассы линии приводит, в некоторых случаях, к разбросу ёмкостной проводимости нулевой последовательности на 5–25%, а прямой и обратной последовательностей на 4–12 %.

Таким образом, для высокогорных ВЛЭП характерно достаточно сильное пофазное различие электрических параметров.

Различие по фазам параметров ЛЭП из-за топологии расположения фаз и рельефа местности создаёт в электрической системе несимметрию токов и напряжений промышленной частоты. Вследствие не учёта рельефа местности и топологии расположения фаз в горных ВЛЭП погрешности в определения ёмкостных проводимостей могут достигать десяти процентов и более. Отсутствие транспозиции проводов или удлинение её циклов при большой протяжённости линий сверхвысокого напряжения может привести к заметным различиям в значениях ёмкостной проводимости для разных фаз, и соответственно, к несимметрии токов и напряжений.

Расчёты показывают, что с увеличением длины горного участка линии токи обратной и нулевой последовательностей возрастают в два раза.

Эта несимметрия является причиной циркуляции в электрической системе токов обратной последовательности, что может вызвать дополнительный нагрев генераторов энергосистемы и оказать отрицательное влияние на работу РЗ и А. Вследствие дополнительного нагрева генераторов и синхронных компенсаторов токами обратной последовательности может потребоваться ограничение выдаваемой генераторами активной мощности.

Протекание по линии токов нулевой последовательности так же может сказаться на работе релейной защиты и вызвать электромагнитную

индукцию в проводах силовых электрических линий и линий связи, имеющих сближение с рассматриваемой линией электропередачи.

Наводимые в линиях низкого напряжения и слабого тока предельные Э.Д.С. могут создавать опасность для персонала работающего на линии. Кроме этого, эти Э.Д.С. могут вызвать нарушение работы средств проволочной телеграфной связи и железнодорожной сигнализации, работающих на частотах близких к промышленной.

Введение транспозиции фаз линии электропередачи позволяет уменьшить пофазное различие параметров линии, вызываемую этим различием несимметрию токов и напряжений промышленной частоты в электрической системе.

Для горных линий, где невозможно без расчёта судить о степени различия фазных электрических параметров ВЛЭП, возникает сомнение в правильности выбора длины шага и схемы транспозиции, основанной на данных линий, проложенных на равнинной местности. Поэтому, хотя транспозиции линий высокого напряжения при наличии минимального числа циклов является наиболее экономичным и эффективным средством снижения создаваемой этими линиями несимметрии токов и напряжений промышленной частоты в электрической системе, она может привести к увеличению степени несимметрии токов и напряжений для линий проходящих в основном по горной местности.

В работе показан выбор шага транспозиции ВЛ 500 кВ с учётом длины горного участка линии и уменьшения несимметрии токов и напряжений.

Расчёты показывают, что с увеличением длины линии токи обратной и нулевой последовательностей возрастают. В связи с этим следует иметь в виду, что при относительно малой длине линии, токи несимметричного КЗ велики и не требуется особенно большой чувствительности релейной защиты. При увеличении длины ВЛЭП токи обратной и нулевой последовательностей, обусловленные пофазным различием её параметров, растут, а токи тех же последовательностей, возникающие при КЗ становятся меньше и их значения могут оказаться соизмеримыми.

Это может вызвать необходимость загробления или усложнения дистанционных защит, устанавливаемых на линиях. Для решения этого вопроса необходимо предварительное проведение расчётов несимметрии для конкретных параметров системы с учётом рельефа трассы ВЛЭП.

Источники

1. Рахимов К.Р., Беляков Ю.П. Горные линии электропередачи. Б.: КТУ, 1999. 284 с.
2. Нормы технологического проектирования воздушных линий электропередачи напряжением 35–500 кВ. Б.: Издательство ОАО «НЭС Кыргызстана», 2008. 38 с.
3. Воронов П.Л. Расчет по частям трехфазных сетей при несимметричных и сложных видах повреждений. / П. Л. Воронов // Вестник Чувашского университета. –2017. – №1. – С. 76–87.
4. Джононаев С.Г. Сравнительный анализ способов ликвидации неустойчивых однофазных коротких замыканий в нетранспонированных линиях сверх– и ультравысокого напряжения. / Т. Г. Красильникова, С.Г. Джононаев // Электричество. –2017. – №11. – С. 22 – 29.
5. Сажина Н.Ф. Вопросы техники высоких напряжений горных линий электропередачи. М.: ГНИЭИ, 1984. 117 с.

ФОРМИРОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВРЕМЕННЫХ СХЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Шагидуллин А.В.¹, Хамитов И.Г.², Гибадуллин Р.Р.³, Максимов К.В.³

¹АО «Сетевая компания», г. Казань, Россия

²Филиал АО «Сетевая компания» Приволжские электрические сети, с. Высокая Гора,
Россия

³ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

shagidullinav@gmail.com, hamitovig@gridcom-rt.ru, gibadullin.rr90@gmail.com,
maximovva@gridcom-rt.ru

В тезисе представлена оценка целесообразности создания временных схем электроснабжения потребителей с использованием дизель–генераторной установки, сервисной перемычки (байпас) и временной трансформаторной подстанции 6–10/0,4 кВ, сформированы конкретные критерии (рекомендации) для принятия решения.

Ключевые слова: байпас, временные схемы электроснабжения, дизель–генераторная установка, распределительные сети, трансформаторная подстанция.

В настоящее время во всем мире компании, отвечающие за поставку электрической энергии, прилагают максимальные усилия для выполнения требований к показателям качества оказываемых услуг. Существуют универсальные международные индикативные показатели надежности электроснабжения потребителей – IEEE (Институт инженеров по электротехнике и радиоэлектронике). Показатели, учитываемые электросетевыми организациями РФ в соответствии с Приказом Министерства Энергетики Российской Федерации от 29.11 2016 № 1256:

- средний индекс длительности прерываний в работе системы SAIDI;
- средний индекс частоты прерываний в работе системы SAIFI.

АО «Сетевая компания» с 2016 года осуществляет мониторинг показателей SAIDI и SAIFI по каждому филиалу и по компании в целом, учёт показателей надёжности ведется не только по аварийным отключениям, но и по плановым.

При аварийных ситуациях и проведении работ на объектах электросетевого хозяйства, связанных с отключением потребителей, часто возникает необходимость создания временных схем электроснабжения, когда существующая схема не позволяет переключить потребителей на

другой центр питания. Для этого могут быть использованы различные способы, а поскольку стоимость реализации может существенно отличаться, то для принятия окончательного решения следует учитывать множество факторов и помимо этого выбор приходится делать в условиях ограниченного времени.

Для анализа применяемых вариантов временных схем электроснабжения рассмотрено 3 уровня оборудования распределительных сетей, на которых могут проводиться плановые ремонтные или неотложные восстановительные работы, сопровождающиеся отключением [3]. Первый уровень – участок линии электропередач (ЛЭП) 6–10 кВ, по которой подаётся напряжение на несколько трансформаторных подстанций (ТП 6–10/0,4 кВ). Второй уровень – ТП 6–10/0,4 кВ, которая распределяет электроэнергию по нескольким ЛЭП 0,4 кВ. Третий уровень – ЛЭП 0,4 кВ, которая питает непосредственно жилые дома и организации.

Рассматриваемое оборудование и материалы, необходимые для создания временных схем:

- дизель–генераторные установки, предназначенные для выработки электрической энергии напряжением 380 В;
- резервные передвижные ТП 6–10/0,4 кВ;
- комплект сервисной линии 6–10 кВ (байпас) – самонесущий кабель типа EXEL [4];
- временная ЛЭП 0,4 кВ – самонесущий кабель типа СИП–2А, монтируемый на существующих или временных опорах.

Технологически применимы следующие варианты при ремонте на разных уровнях:

- при ремонте ЛЭП 6–10 кВ могут быть использованы варианты с ДГУ или с сервисной перемычкой 10 кВ;
- при ремонте ТП 6–10/0,38 кВ могут быть использованы варианты с ДГУ или с подменной ТП 6–10/0,4 кВ;
- при ремонте ЛЭП 0,38 кВ могут быть использованы варианты с ДГУ или с временной (подменной) ЛЭП 0,4 кВ.

На основе анализа затрат на создание временных схем электроснабжения выработан алгоритм, представленный на рисунке, выбора схемы временного электроснабжения при ремонте ЛЭП 6–10 кВ.

Аналогичные алгоритмы выработаны для создания временных схем при выводе в ремонт ТП 6–10/0,4 кВ [5] и ЛЭП 0,4 кВ. Данные алгоритмы выбора применимы для временного электроснабжения потребителей с суммарной нагрузкой до 1000 кВА, а для ЛЭП 0,4 кВ – до 250 кВА.



Алгоритм выбора варианта временной схемы при ремонте участка ЛЭП 10 кВ

Критерии чисто экономической обоснованности создания временных схем имеют следующий вид:

- при отключении ЛЭП 6–10 кВ на период от 24 часов экономически целесообразно применение сервисной линии 6–10 кВ (байпаса);
- при отключении ТП 6–10/0,4 кВ продолжительностью от 6 часов экономически целесообразно применение подменной ТП;
- при отключении ЛЭП 0,4 кВ суммарной продолжительностью менее 11 суток применение временной схемы с использованием подменной ЛЭП с экономической точки зрения неэффективно.

Использование ДГУ для электроснабжения потребителей для Компании с экономической точки зрения также неэффективно.

Источники

1. Павлов О.Г. Организация временного электроснабжения потребителей в электрических сетях 6–10 кВ с использованием резервных источников снабжения электрической энергией (РИСЭЭ) и мобильных повышающих трансформаторных пунктов (МПП): презентационный материал – МРСК Волги [Электронный ресурс]. https://www.rossetivolga.ru/ru/press_tsentr/novosti_kompanii/?arch=&year=2019&month=7&page=4&id=8388 (дата обращения: 08.10.24).

2. Типовые технологические карты организации труда на основные виды работ по применению сервисных линий с самонесущим кабелем напряжением 6–20 кВ с линейной арматурой ENSTO. – СПб: ООО Энсто Рус, 2021.

3. Сошинов, А. Г. Эффективность применения мобильных трансформаторных подстанций / А. Г. Сошинов, О. С. Атрашенко // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. 2019. № 1. С. 68–72.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ СИММЕТРИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 0,4 кВ

Шакиров А. Ф.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

almaz.27.10@mail.ru

Науч. рук. доц. Маклецов А. М.

В данной работе рассматривается возможность симметрирования нагрузки в электрических сетях 0,4 кВ. Как известно, несимметрия фаз нагрузок главная причина потерь электроэнергии в сетях рассматриваемого класса напряжения. Также данная причина может повлечь за собой ухудшение качества электроэнергии. Помимо этого, эксплуатация несимметричного режима при обрыве нулевого может привести к значительным перенапряжениям, что создает риск выхода из строя электроприемников, создания аварийных ситуаций. Однако внедрение систем интеллектуального учета электроэнергии, подразумевающих под собой возможность мониторинга в режиме реального времени параметров и режимов всех узлов, предоставляет возможность более эффективного симметрирования, на основе получаемых данных с интеллектуальных измерительных приборов.

Ключевые слова: несимметрия нагрузки, электрические сети 0,4 кВ, интеллектуальные системы учета электроэнергии, надежность, потери электроэнергии.

Важнейшими целями развития и эффективности работы электрических сетей являются внедрение энергосберегающих технологий, а также повышение надежности и безопасности электроснабжения потребителей. В Российских электрических сетях общие потери электроэнергии в 2022 году составили 8,69%.

Необходимо отметить, что более половины потерь электроэнергии в электрических сетях происходят в сетях с напряжением 10–0,4 кВ. В электрических сетях РТ, эти потери составляют 58% от общих потерь в 2022 году. Значительная часть потерь электроэнергии в сетях с напряжением 0,4 кВ связана с несимметрией фазных нагрузок. Однако известно, что симметрирование нагрузок может снизить потери электроэнергии в сетях 0,4 кВ до 50% от текущих значений при несимметричных нагрузках. Это делает вопрос энергосбережения через оптимизацию симметрирования работы сетей 0,4 кВ особенно актуальным.

В сетях, где присутствуют однофазные потребители, несимметрия нагрузок является значительной, особенно в коммунально–бытовых сетях. В сельской местности эти нагрузки распределены по линиям 0,4 кВ и обычно неравномерны. Помимо неправильного симметрирования, причиной несимметрии является изменение соотношения мощностей отдельных фаз в течение суток. Эти изменения непредсказуемы из-за действий отдельных потребителей, таких как включение и отключение электроприемников. У городских потребителей многоквартирных домов причины несимметрии нагрузок такие же.

Необходимость симметрирования электрических сетей напряжением 0,4 кВ обусловлена повышенной опасностью эксплуатации несимметричных сетей из-за обрыва нулевого провода. При несимметричной нагрузке и обрыве нулевого провода напряжения отдельных фаз могут значительно превышать допустимые значения, что может привести к выходу из строя электроприемников потребителей и дополнительным финансовым рискам для электроснабжающих организаций. Величина фазных перенапряжений зависит от характера линии электропередачи, степени несимметрии нагрузки и может достигать критических значений. Появление опасных перенапряжений, помимо выхода из строя электроприемников потребителей, может привести к пожарам и поражениям людей электрическим током, что оказывает значительное влияние на обеспечение безопасности жизнедеятельности населения и персонала сетевых предприятий.

Применение систем интеллектуального учета электроэнергии позволит не только исключить факт кражи электроэнергии, но и поможет отслеживать потери электроэнергии, связанные с симметричным распределением нагрузки. Особенно актуально это для сетей 0.4 кВ, так как в этом случае распределение нагрузки происходит пофазно, так как большая часть электроприемников в данном классе напряжения однофазная [1, 2].

Использование интеллектуальных счетчиков с возможностью мониторинга параметров режима позволит точнее рассчитывать потери мощности и электроэнергии, а также корректировать эти режимы в реальном времени. Проведенные ранее исследования показали [2], что для расчета потерь электроэнергии целесообразно использовать усредненные графики изменения среднеквадратичных токов всех потребителей, полученных из измерений интеллектуальных счетчиков электроэнергии за неделю или сезон.

Разработанный в том же исследовании алгоритм симметрирования нагрузок в сетях 0,4 кВ следующий:

- с помощью интеллектуальных приборов учета электроэнергии за определенный промежуток времени определить значение среднеквадратичных токов фаз;
- произвести перебор возможных способов переключений, начиная с конца линии электропередач, с учетом опыта оперативного персонала;
- произвести расчет потерь мощности для выбранных вариантов переключений;
- определить для каждой опоры наиболее оптимальный вариант симметрирующих переключений с позиции потери мощности [3].

Рассмотренная технология симметрирования нагрузки в сетях 0,4 кВ на основе измерительных данных с интеллектуальных приборов учета электроэнергии позволит сократить потери от несимметрии, однако установка подобного оборудования к каждому потребителю является достаточно дорогостоящим решением.

Источники

1. Оптимальное симметрирование фазных нагрузок ЛЭП 0,4 кВ с использованием интеллектуальной системы измерений / К. К. Лыу, М. В. Казка, А. М. Маклецов [и др.] // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2023. – Т. 15, № 3(59). – С. 31–44.
2. 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.
3. Оптимизация рабочих режимов электрических сетей 0,4 кВ / А. М. Маклецов, К. К. Лыу, В. В. Максимов [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 5. – С. 367–374.
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.

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИКО–ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ И ПОКАЗАТЕЛИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Шемпелев Е.А., Наумов О.В.

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

eshempelev@inbox.ru

В современном мире электрические сети играют ключевую роль в обеспечении электроэнергией населения и промышленности. Они являются основой для развития экономики и повышения качества жизни людей. Однако строительство и эксплуатация электрических сетей требуют значительных инвестиций, поэтому важно проводить технико–экономическое обоснование проектов.

Ключевые слова: расчёт, показатели, электрические сети, электроэнергия, эксплуатация.

Техника–экономический расчёт электрических сетей включает в себя следующие этапы:

- определение потребности в электроэнергии;
- выбор конфигурации сети (радиальная, магистральная или смешанная);
- расчёт мощности трансформаторов и сечения проводов;
- оценка потерь электроэнергии в сети;
- анализ затрат на строительство и эксплуатацию сети [1].

На основе этих расчётов можно определить основные технико–экономические показатели электрической сети:

1. Капитальные затраты — это стоимость строительства и монтажа оборудования. Они включают в себя затраты на приобретение материалов, оплату труда рабочих, аренду техники и другие расходы.

2. Эксплуатационные затраты — это расходы на обслуживание и ремонт сети, а также на оплату электроэнергии для собственных нужд.

3. Срок окупаемости — это период времени, за который капитальные затраты будут компенсированы за счёт экономии на эксплуатационных затратах.

4. Рентабельность — это отношение прибыли от эксплуатации сети к её стоимости. Она показывает, насколько эффективно используются инвестиции.

5. Потери электроэнергии — это часть энергии, которая теряется при передаче по сети. Потери могут быть вызваны различными факторами, такими как сопротивление проводов, перегрузка сети и т. д.

6. Качество электроэнергии — это соответствие параметров электроэнергии установленным нормам и стандартам. Качество электроэнергии влияет на работу электрооборудования и может привести к его повреждению.

7. Безопасность — обеспечение защиты персонала и оборудования от поражения электрическим током, пожара и других опасностей.

8. Экологичность — воздействие на окружающую среду при строительстве и эксплуатации электрической сети. Это может включать в себя загрязнение воздуха, воды и почвы, а также шум и вибрацию.

Для проведения технико-экономического обоснования проекта необходимо иметь следующие исходные данные:

- план местности с расположением потребителей электроэнергии;
- мощность и характер нагрузки потребителей;
- требования к качеству электроэнергии;
- нормы и стандарты безопасности и экологичности [2].

После проведения расчётов и анализа показателей можно сделать вывод о целесообразности строительства электрической сети и выбрать оптимальный вариант её реализации.

Важно отметить, что технико-экономическое обоснование является сложным и многоэтапным процессом, требующим высокой квалификации.

Таким образом, технико-экономический расчёт электрических сетей является необходимым условием для успешного развития электроэнергетической инфраструктуры. Он позволяет обеспечить надёжное и эффективное электроснабжение населения и промышленности, а также снизить риски и затраты при реализации проектов [3].

Важно отметить, что проведение технико-экономических расчётов требует высокой квалификации специалистов и учёта множества факторов, таких как климатические условия, рельеф местности, плотность населения и другие особенности региона. Это позволяет сделать обоснованный выбор конфигурации электрической сети и обеспечить её долгосрочную эффективность и безопасность [4, 5].

Источники

1. Непомнящий В. А. Учет надежности при проектировании энергосистем, М.: Энергия. 1978. 200 с.

2. Воркунов, О. В. Надежность автоматизированных систем коммерческого учета электроэнергии / О. В. Воркунов, Г. Ф. Галимова // Современные тенденции развития науки и мирового сообщества в эпоху цифровизации: Сборник материалов VII Международной научно–практической конференции. Москва: Общество с ограниченной ответственностью "ИРОК", ИП Овчинников Михаил Артурович (Типография Алеф), 2022. – С. 191–194.

3. Техничко–экономическое обоснование применения современных типов проводов для воздушных линий электропередачи / О. В. Воркунов, Л. В. Долманюк, В. В. Максимов, А. И. Хаертдинова // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2024. – Т. 8, № 9(150). – С. 23–28.

4. Гачаев, А. М. Внедрение ИОТ–технологий в экономические системы электроснабжения промышленных предприятий / А. М. Гачаев, О. В. Воркунов, М. М. Матыгов // Экономика и предпринимательство. – 2024. – № 3(164). – С. 971–974.

5. Шарифуллин, Р. Р. Электроэнергетика России в эпоху цифровизации / Р. Р. Шарифуллин, Д. М. Валиуллина // Актуальные проблемы общества, экономики и права в контексте глобальных вызовов : Сборник материалов XI Международной научно–практической конференции, Москва, 02 июня 2022 года / Редколлегия: Л.К. Гуриева [и др.]. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "ИРОК", ИП Овчинников Михаил Артурович (Типография Алеф), 2022. – С. 94–97.

РАСЧЕТ ЭМС ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Янушевская Я.С.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г.Казань, Россия

ynushevskaya@mail.ru

В данной статье автор рассмотрел актуальность темы «Расчет ЭМС высоковольтных кабельных линий». Рассказал о значении ЭМС и влиянии кабельных линий друг на друга. Также автор изучил существующие решения в области расчета высоковольтных кабельных линий.

Ключевые слова: ЭМС, высоковольтные кабельные линии, энергосистема, электромагнитные поля, электроэнергия.

Одним из основных аспектов расчета ЭМС является определение электромагнитного поля, создаваемого кабельной линией. Это поле характеризуется напряженностью электрического и магнитного полей, которые могут быть рассчитаны с использованием законов электродинамики. Для защиты от негативного воздействия электромагнитных полей применяются различные меры [1]. Одной из них является использование экранированных кабелей, которые способны уменьшить уровень излучения. Также применяются методы подавления помех, такие как фильтрация сигналов и использование специальных схем заземления.

Основным источником влияния одной кабельной линии на другую является электромагнитное поле, создаваемое протекающими токами.

Существует несколько механизмов, посредством которых одна кабельная линия может влиять на другую. Одним из них является электростатическое влияние, которое возникает из-за электрического поля, создаваемого зарядами на поверхности кабеля. Это влияние может привести к возникновению наведенных напряжений на соседних кабелях, особенно в условиях высокой влажности или при наличии загрязнений на поверхности изоляции. Другой механизм – это электромагнитная индукция, которая возникает из-за изменяющегося магнитного поля, создаваемого токами в проводниках.

Взаимное влияние кабельных линий может усиливаться в условиях несимметрии, когда проводники кабеля не расположены равномерно относительно друг друга или относительно земли. Несимметрия может

возникать из-за неоднородностей в конструкции кабеля, неравномерного распределения тока по проводникам или из-за неправильной прокладки кабелей [2].

Для уменьшения влияния кабельных линий друг на друга применяются различные меры. Одной из них является использование экранированных кабелей, которые могут эффективно блокировать электромагнитные поля. Другой мерой является правильная прокладка кабелей с учетом их взаимного расположения и направления, что может уменьшить индукцию и электростатическое влияние. Также могут использоваться специальные защитные устройства, такие как дроссели и фильтры, для подавления индуцированных токов и напряжений.

Расчеты, связанные с этими линиями, включают оценку электромагнитной совместимости (ЭМС), определение оптимальных параметров прокладки, а также прогнозирование потерь и надежности [5]. Далее мы рассмотрим некоторые из существующих решений в этой области.

Одним из ключевых аспектов расчета высоковольтных кабельных линий является учет электромагнитных полей, которые они создают [4]. Эти поля могут влиять на окружающую среду и другие инженерные системы, поэтому важно проводить точные расчеты для минимизации негативного воздействия. Для этого используются различные математические модели и компьютерное моделирование.

Программы EMTP-RV, PSCAD позволяют моделировать электромагнитные процессы в высоковольтных кабельных линиях и оценивать их воздействие на работу оборудования. Существующие решения для расчета ЭМС на высоковольтных кабельных трассах часто требуют сложного моделирования и специальных знаний. Чтобы устранить эти ограничения, новое решение предлагает гибридный подход, сочетающий в себе сильные стороны моделирования и машинного обучения:

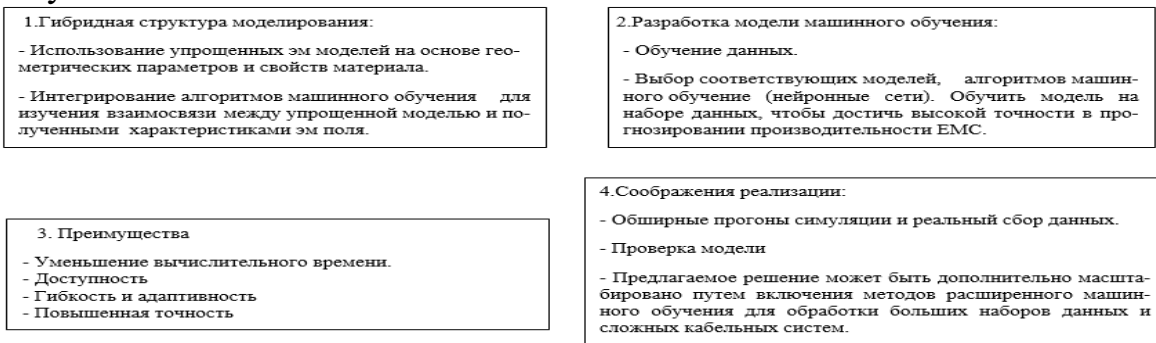


Рис. 1 Описание предложенного расчета.

Это решение обеспечивает более эффективный и упрощенный подход к расчетам ЭМС для кабельных линий высокого напряжения.

Сочетая простое моделирование и машинное обучение, он предоставляет инженерам мощный инструмент для анализа и оптимизации кабельных систем, повышая надежность и безопасность электрических сетей [6].

Расчет электромагнитной совместимости (ЭМС) высоковольтных кабельных линий (КЛ) является важной задачей в обеспечении надежной и безопасной работы электрических сетей. В этом контексте, нанотрубки могут быть использованы для уменьшения помех в высоковольтных КЛ.

Источники

1. Хантимеров, И. М. Компьютерное моделирование воздействия электромагнитных полей ЛЭП на открытые кабельные сети / И. М. Хантимеров, Р. Р. Салихов, О. В. Воркунов // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике : Материалы XVII Всероссийской открытой молодежной научно–практической конференции. – Казань: ООО "Издательство Фолиант", 2022. – С. 354–357.

2. Салихов, Р. Р. Электромагнитное влияние ЛЭП на открытые кабельные линии: этапы и результат компьютерного моделирования в программе FEMM / Р. Р. Салихов, И. М. Хантимеров // XXVI Всероссийский аспирантско–магистерский научный семинар, посвященный дню энергетика: Материалы докладов семинара. В 3–х томах. Том 1. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2023. – С. 52–54.

3. Доронин М.В., Грешняков Г.В., Коровкин Н.В. Магнитные экраны специальной конструкции // Научно–технические ведомости СПбГПУ. 2019. Т. 23. №1. С. 118–127.

4. Логунов А.В., Шлык Ю.К. Разработка алгоритма определения места повреждения кабельной линии с использованием ее амплитудно–фазовых координатных характеристик. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2023;25(3):93–104.

5. 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.

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТ ВОЗНИКНОВЕНИЯ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ НА ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ДО 35 кВ.

Янушевская Я.С., Воркунов О.В.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г.Казань, Россия
ynushevskaya@mail.ru

В статье рассмотрена проблема поиска и определения места повреждения и возникновения короткого замыкания на воздушных линиях электропередачи до 35 кВ.

Ключевые слова: короткое замыкание, воздушная линия электропередачи, устройства обнаружения мест повреждения.

Качество электроэнергии имеет огромное значение для надёжности, экономичности и срока службы электрооборудования. В значительной степени качество электроэнергии определяется состоянием электрических сетей, которые её передают. В связи с этим проблема обнаружения повреждений воздушных линий в сетях 0,4, 10 и 35 кВ становится особенно актуальной. Эти сети являются наиболее протяжёнными и разветвлёнными, они связывают конечных потребителей с энергосистемой, но поиск мест повреждения и короткого замыкания (КЗ) затруднён из-за разветвлённости этих сетей.

В рассматриваемых сетях значительные токи повреждения имеют место при трех- и двухфазных КЗ, а также при двойных замыканиях на землю, которые всегда отключаются релейной защитой. При замыканиях на землю одной из фаз проходящий при этом ток незначителен, а междуфазные напряжения остаются без изменения. В этом случае поврежденная линия в большинстве случаев не отключается, но работает сигнализация замыкания на землю. Большая часть (57%) КЗ на воздушных линиях электропередачи, вызванных перекрытиями и разрушением изоляторов, где главной причиной являются атмосферные перенапряжения [1, 2].

Для ускорения поиска мест повреждения используются специальные методы и устройства, которые регистрируют наличие повреждения на заданных участках сети. Методы поиска места повреждения на линиях электропередачи можно разделить на дистанционные и топографические. Топографические методы предполагают непосредственное обнаружение

места повреждения во время движения по трассе линии, при этом средства поиска находятся непосредственно у поисковой бригады. Дистанционные методы, в свою очередь, используют приборы и устройства, установленные на подстанциях, которые указывают расстояние до повреждения [3, 4].

По принципу действия устройства определения мест повреждений (ОМП) могут быть разделены на три основные группы:

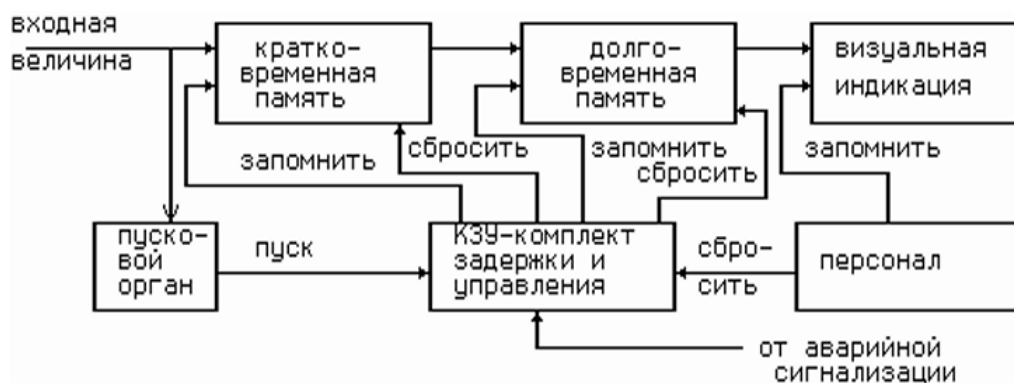
- фиксирующие приборы для определения расстояния до места повреждения на воздушных линиях, автоматически измеряющие и фиксирующие значения электрических величин во время аварийного режима;

- устройства для определения поврежденных при коротком замыкании (КЗ) участков сети, автоматически контролирующие и фиксирующие изменения электрических величин промышленной частоты во время аварийного режима;

- переносные устройства для определения места замыкания на землю в электросетях, работающих с изолированной нейтралью или в режиме компенсации емкостного тока, осуществляющие контроль процессов в сети при замыкании на землю с помощью датчиков тока и напряжения [5].

Широкое применение в энергосистемах получил метод ОМП основывающийся на определении мест повреждения па параметрам аварийного режима. Фиксация этих параметров производится специальными приборами–индикаторами, установленными только с одного конца линии(линии 6–35 кВ). В распределительных сетях напряжение 10 кВ нашли свое применение приборы типа ФИП, ФМК–10 и «Сириус–2–ОМП».

Схема работы приборов ФИП представлена на рисунке ниже. Входной ток или напряжение считывается пусковым органом, который при превышении этой величиной определенной уставки приводит в действие КЗУ, который с небольшой задержкой по времени подключает входную величину к кратковременной памяти на время фиксации [6].



При разработке новых методов, технологий срабатывания первичных преобразователей, могут быть использованы имитационные компьютерные модели, служащие для анализа поведения электрической сети в условиях КЗ. Имитационная модель позволяет предсказать место возникновения КЗ на основе теоретических расчетов. На первом этапе разрабатывается математическая модель воздушной линии электропередачи, которая включает в себя параметры, такие как длина линии, сопротивление, индуктивность, емкость, после чего проводится симуляция различных сценариев КЗ, на основе данных проводится анализ.

Источники

1. Блинов Н. А., Вольченко А. И., Попов А. Н. Поиск и определение мест повреждений на воздушных линиях электропередачи в сетях напряжением до 35 кВ //Современные проблемы электроэнергетики. Алтай–2014: сборник статей II Международной научно–технической конференции. – Litres, 2017. – С. 28.

2. Воркунов, О. В. Автоматизированная система контроля возникновения замыканий на корпусе электрооборудования / О. В. Воркунов, Р. Е. Саттаров // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике : Материалы Международной молодежной научно–практической конференции, посвященной 55–летию КГЭУ. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2024. – С. 165–167.

3. Яковлева, Е. В. Ограничение токов короткого замыкания с помощью линейного реактора / Е. В. Яковлева, О. В. Воркунов // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике : Материалы Международной молодежной научно–практической конференции, посвященной 55–летию КГЭУ. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2024. – С. 248–250.

4. Борухман В. А., Кудрявцев А. А., Кузнецов А. П. Устройства для определения мест повреждения на воздушных линиях электропередачи //М.: Энергия. – 1980. – С. 76–97.

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. №3 (51) С. 69–79.

6. Султанов Г. А. и др. Устройства и методы для определения мест повреждения кабельных линий //Наука XXI века. – 2016. – С. 86–88.

АНАЛИЗ АВАРИЙНОСТИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ НАПРЯЖЕНИЕМ 10 кВ

Яхин Ш.Р., Галиев И.Ф.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

yahinshr@mail.ru

В тезисе представлен анализ аварийности в распределительных сетях 10 кВ на территории Республики Татарстан за период 2020–2024 года. Учтено распределение аварийных отключений и отказов по объектам распределительных сетей, а также проанализированы случаи срабатывания автоматического повторного включения (АПВ) и автоматического включения резерва (АВР). Приведена статистика причин аварийных ситуаций.

Ключевые слова: распределительная сеть, аварийность, надежность электроснабжения, анализ больших данных.

Для анализа полного реестра мероприятий по повышению надежности в распределительных сетях (РС) 10 кВ, оптимизации перечня работ с оценкой эффективности [1] необходимо учитывать реальную статистику аварий. Данные по аварийности в разных публикациях сильно отличаются друг от друга [2, 3], так как охватывают совокупную статистику аварий в разных регионах, где сильно влияет фактор ландшафта местности и срока службы оборудования. Данные по аварийности в Республике Татарстан присутствуют только в годовых отчетах АО «Сетевая компания» (АО «СК») и представлены только в формате расчета SAIFI и SAIDI. Для разработки методики по оптимизации выбора пула мероприятий с расчетом экономического эффекта этих данных явно недостаточно.

Анализ аварийности в данной статье основывается на журналах расследования аварий за 2020–2024 год. Исходные данные, для удобства, были обработаны с помощью программного кода на языке Python с использованием библиотеки Pandas. Первый шаг анализа заключался в определении долей аварий, приходящихся на линии и трансформаторные подстанции (ТП). Статистика представлена на рисунке 1.

В целом на воздушные линии (ВЛ) фидеров приходится 61,4% от всех аварий, но если брать в учет только участки, целиком соединенные посредством ВЛ, то доля аварий на них возрастет до 76,1%, на

выключателях до 23,2%, на ТП до 0,7%.

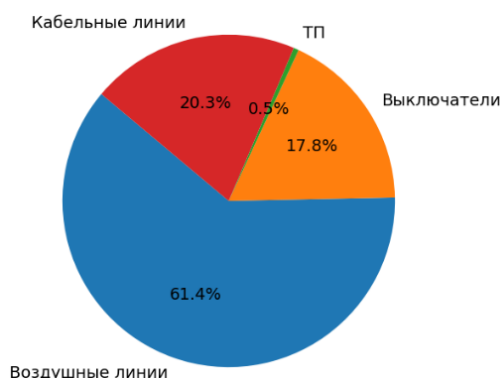


Рис. 1. Распределение аварий по элементам РС

Причины аварий для каждого элемента фидеров распределительной сети представлен на рисунке 2.

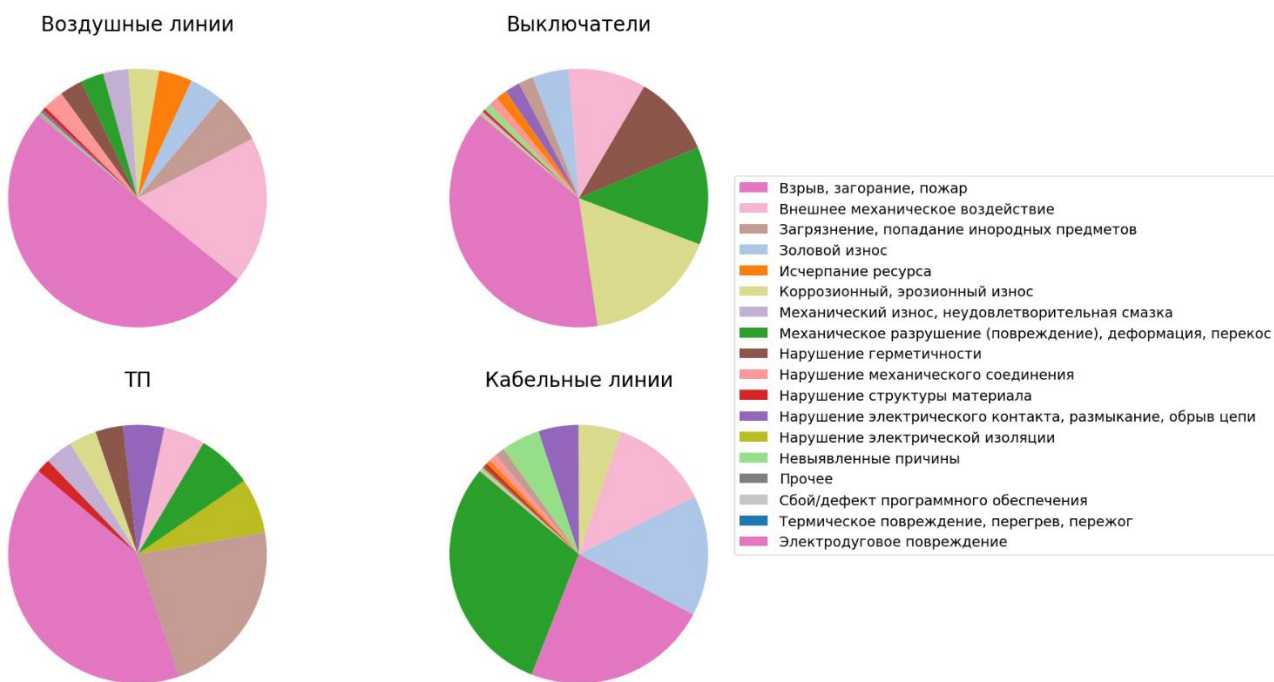


Рис. 2. Распределение аварий по элементам фидеров

На диаграмме видно, что нарушение электрической изоляции является причиной аварий почти на всех элементах сети: ВЛ – 50,1%, выключатели – 38,5%, ТП – 41,4% и кабельных линий – 23,2%.

Причины аварий на ВЛ распределены следующим образом. Самые частые аварии случаются из-за повторяющихся стихийных явлений, а также воздействия животных и птиц. На рисунке 3 отражены основные 6

причин аварий, при этом каждая из сектора прочих причин составляет менее 1% от их общего числа, но в сумме являются большей частью отключений (42%).

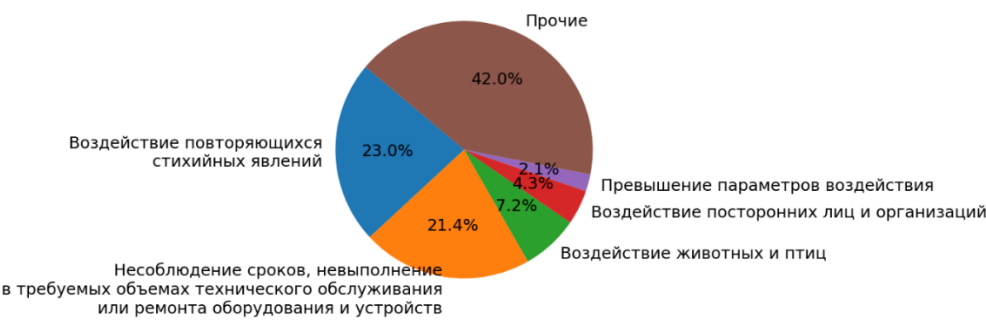


Рис. 3. Распределение причин аварий на ВЛ

Для аварий на каждом из элементов сети рассчитаны время простоя ТП и доля аварий с успешно отработавшим АПВ или АВР. Расчеты представлены в таблице 1.

Таблица 1

Статистика времени простоя и доля успешных АПВ и АВР

	Доля аварий с успешным АПВ или АВР	Среднее время простоя (без учета аварий с успешным АВР и АПВ)
Авария на ВЛ	39,7%	2,13 ч
Отказ выключателя	33,5%	1,24 ч
Авария на ТП	—	10,4 ч
Авария на КЛ	27,8%	27,99 ч

Источники

1. Yakhin, Shamil & Galiev, Ramil & Rakhmankulov, Shamil. (2024). Development of a Combined Model for Evaluating the Effectiveness of Measures in a Distributed Network and an Algorithm for its Interaction with a Relational Database. 81–86. 10.1109/SmartIndustryCon61328.2024.10515487.
2. Виноградов А. В., Большев В. Е., Виноградова А. В. Отключения в электрических сетях 0,4 кв: количество, причины и контрмеры // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2020. №. 2. С. 77–81. DOI: <https://doi.org/10.12737/2073–0462–2020–77–81> (дата обращения: 26.10.2024).

3. Захаров С.А., Кудряшов Д.С., Бродт В.А. Анализ аварийности в электрических сетях 6–110 кВ кузбасской энергосистемы // Экологические проблемы промышленно развитых и ресурсодобывающих регионов: пути решения. Кемерово. 2017. С. 404.

4. 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.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE POWER SYSTEM OF EUROPE AND NORTH AMERICA

Valiullin Sabit Ramilevich
FSBEI HE «KSPEU», Kazan
save1313@mail.ru

The scientific supervisor is associate professor Rakhmatullina D.E.

The evolving power transmission systems are becoming more and more different. In this paper two key projects of the power systems of North America and Europe are analyzed.

Keywords: power system, voltage, infrastructure, capacity, transformer.

Power system is a group of power plants of various types, which are connected by power transmission lines (PTL) and controlled from a single center [1, 2].

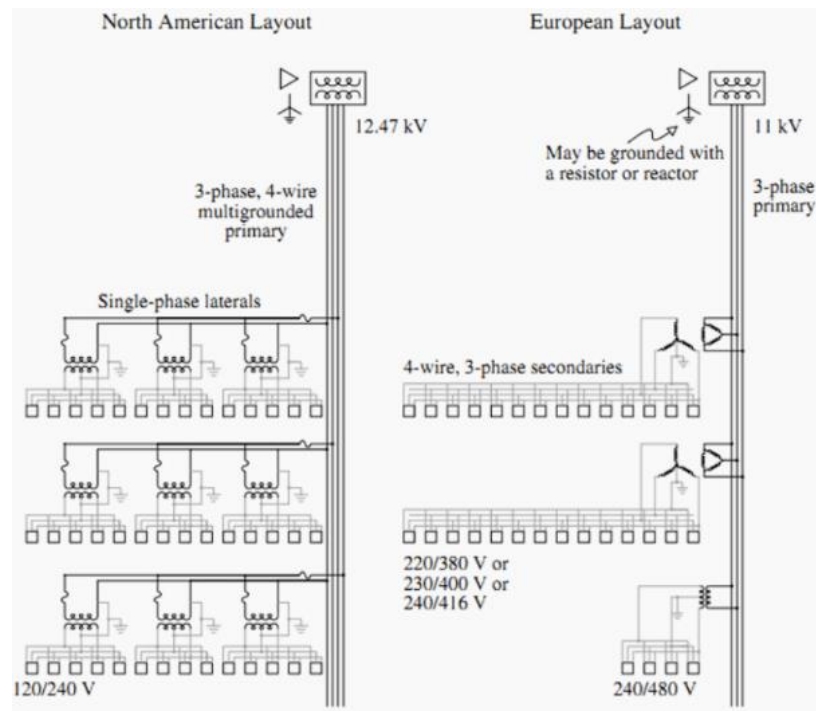
Power systems are created to reliably supply consumers with electricity. They allow electricity to be transferred from one area to another, so that if there is a problem at one of the power plants, electricity can be transferred from another [3–6].

Let's consider some features of the power systems of Europe and North America:

1) The work presents a figure showing two systems. More powerful transformers are used in Europe, and the number of consumers per transformer is also greater. In Europe, three-phase transformers with a rated power of about 300–1000 kVA are used, while in North America, typical single-phase transformers with a rated power of 25 or 50 kVA are used [3,4].

2) In North America, the standard secondary network voltage is 120/240 V. As a result, the length of the secondary network for household needs does not exceed 76.2 m. In Europe, the secondary network is laid at a distance of up to 1609.34 m. The secondary voltage level in Europe is significantly higher and in many countries reaches 220, 230 or 240 V.

Due to the doubled voltage, it is possible to increase the load by 4 times, maintaining the same network length. A three-phase system makes it possible to extend the distribution network by 2 times compared to a single-phase one. As a result, in Europe it is possible to create distribution networks that are 8 times longer than in America, while complying with the standards for overload and voltage drop.



Distribution networks in North America and Europe

In European systems, there are sometimes cases of using single-phase systems to supply electricity to rural consumers. These systems are based on two-winding single-phase transformers that are connected in phase.

In North American projects, the secondary feeder lines function as the main branches of the system. In European projects, this method is not used so often, and reclosers are also not very actively used.

3) In Europe, highways, buildings and structures were built in areas with a developed electrical system, so the projects had to be “adjusted” to the existing scheme. The secondary network is usually tied to buildings. In North America, most roads and electrical schemes were designed at the same time. However, for both systems, the main equipment is similar: conductors, cables, insulation, arresters, regulators and transformers.

Let us list a number of different advantages between the distribution networks of the considered countries:

1. Cost:

The energy system in Europe, as a rule, has higher costs compared to North America, but many factors must be taken into account. Therefore, it is very difficult to compare by certain criteria.

The main equipment in Europe, as a rule, is expensive, especially in those regions where single-phase systems can be used.

2. Flexibility:

The North American distribution system shows greater flexibility at the high-voltage line level, while the European system is more adaptable in the area of secondary distribution networks. For urban networks, the European model offers advantages in the flexibility of the secondary network, which allows transformers to be installed in more advantageous locations. At the same time, for rural areas and areas with scattered loads, the North American primary network proves to be more efficient.

The North American distribution network is somewhat better suited to the growth of customers, as well as to modernization and expansion.

3. Safety:

The multiple-grounded neutral in the North American primary distribution network offers many advantages in terms of safety. Protective devices become more sensitive to short circuits, and the neutral acts as a physical barrier, which also helps to avoid dangerous touch voltage in the event of a short circuit.

The systems used in Europe have the advantage of being able to more easily detect short circuits due to their high contact resistance.

4. Resilience:

In general, faults in the North American power system cause fewer blackouts. A simulation by Nguyen et al. (2000) for two power systems showed that outages were 35% more frequent in Europe.

Although European systems have fewer primary distribution networks, most of them operate as a single feeder. The loss of the primary feeder results in the disconnection of all customers. To achieve a similar level of reliability, the European system requires more switching devices and other components.

5. Power Quality:

In general, the European electrical system experiences fewer voltage sags and short outages. This is because the European system has fewer factors affecting the primary network, resulting in fewer temporary outages compared to the North American system, which uses fuses.

The three-phase system used in Europe helps prevent voltage sags from occurring during single-phase ground faults.

High-impedance protein faults do not cause the same voltage drop as metallic faults in a grounded neutral system. Even in phase-to-neutral short circuits, the delta-star configuration of the transformer windings provides greater resistance to voltage drop, especially if the power transformer is grounded via an active resistance or reactor.

Thus, the European power system is generally more expensive than the North American one, but has advantages such as secondary grid flexibility in urban areas and fewer short-term power outages.

References

1. Kim, S., Park, S., & Lee, J. Optimal design of rotor configurations for permanent magnet synchronous motors using genetic algorithms. *Energies*, 13(5), 2020, pp. 1124.
2. Mousavi, S. A., Sadeghi Yazdankhah, A., & Javadi, M. S. Designing a renewable energy-based microgrid with high reliability and low cost using a novel algorithm. *Journal of Cleaner Production*, 287, 2021, pp. 125–128.
3. Karimov M. M. Application of ranking in the modernization of substation equipment in order to improve the reliability of power supply to consumers / M. M. Karimov, D. M. Valiullina // *Electrical networks: reliability, safety, energy saving and economic aspects: Proceedings of the international scientific and practical conference, Kazan, April 22, 2022* / Editorial board: V.V. Maksimov (editor-in-chief) [et al.]. – Kazan: Kazan State Power Engineering University, 2022. – Pp. 156–162. – edn qpzbok.)
4. K. N. Romaric, D. Liu and B. Du, "Investigation on Vibration Characteristics of Amorphous Metal Alloy Core Dry-type Distribution Transformer," in *CES Transactions on Electrical Machines and Systems*, vol. 6, no. 3, pp. 324–331, September 2022, doi: 10.30941/CESTEMS.2022.00042.
5. Stepanova, E. G. The effectiveness of teaching a foreign language in a technical university / E. G. Stepanova, D. E. Rakhmatullina // *Modern digital technologies: problems, solutions, prospects: national (with international participation) scientific and practical conference, Kazan, May 19–20, 2022*. – Kazan: Kazan State Power Engineering University, 2022. – P. 361–364. – EDN ZIQHWM.
6. Certificate of state registration of computer program No. 2023683044 Russian Federation. Synthesis and calculation of a mathematical model for technical diagnostics of a modified dry-type transformer for failures: No. 2023682047: declared. 23.10.2023: published. 02.11.2023 / M. S. Shopik, L. N. Romanova.

COMPARATIVE ANALYSIS OF INSTALLATION WORKS IN GERMANY AND FRANCE

Valiullin Sabit Ramilevich
FSBEI HE «KSPEU», Kazan
save1313@mail.ru

The scientific supervisor is associate professor Rakhmatullina D.E.

The article examines key aspects of different approaches to installation work in Germany and France, including legislation, personnel qualifications and innovations.

Keywords: installation work, worker qualifications, labor market, modern technologies, innovations.

Installation work in Germany and France has its own specific features that reflect the cultural and technological characteristics of each country. Although both systems prioritize quality and safety, they have a number of key differences. Let's consider some of the features of installation work in Germany and France [1, 2].

In Germany, the emphasis is on high quality materials and strict standards. All components used undergo mandatory certification, which ensures their reliability and durability. The introduction of modern technologies can significantly speed up processes and improve the accuracy of work. In particular, automated equipment and robotics are actively used.

The organization of work in Germany is characterized by a high degree of structure. Project plans and schedules are carefully developed, which helps to minimize the risks of delays and misunderstandings. Modern equipment of workplaces contributes to more efficient task performance [3].

The French system of installation work is characterized by a close connection with historical heritage. The preservation and restoration of old buildings require deep knowledge of traditional construction methods and appropriate materials [4, 5]. Much attention is paid to architectural aesthetics, so new objects are designed taking into account historical styles and harmonious combination with the urban landscape. Let us list a number of different advantages between the installation business of the countries under consideration:

1. Worker qualifications.

The vocational training system in Germany, based on dual training, ensures a high level of qualification for fitters. In France, the training system is less formalized, which can affect the quality of work.

2. Implementation of technologies.

Germany actively uses modern technologies, such as automation and digitalization of processes. In France, traditional methods are often combined with innovations, which provides a more diverse approach to installation work.

3. Labor market.

The German labor market is experiencing a shortage of skilled workers, which increases competition among employers. In France, the unemployment rate may be higher, which affects the availability of labor and its qualifications.

4. Work culture.

German work culture emphasizes precision, planning, and meeting deadlines. In France, a more flexible approach is adopted, which sometimes leads to less strict adherence to the schedule, but allows for a creative approach to completing tasks.

5. Regional characteristics.

Regional characteristics play an important role in French installation work. Differences in climate and natural characteristics in different regions of the country influence the choice of materials and installation methods. In mountainous regions, special methods of reinforcing structures are used, while on the coast, moisture- and wind-resistant materials are used. Understanding these differences is important for successful international cooperation.

Thus, despite their differences, both the German and French installation systems strive to achieve a high level of quality and safety. In Germany, the emphasis is on innovation and strict regulation, while in France more attention is paid to preserving cultural heritage and adapting to regional conditions. Both countries are successfully developing their own approaches, ensuring stable development of the construction industry.

References

1. Li, C., Wang, Q., & Chen, Z. Advanced optimization methods for permanent magnet synchronous motor design. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 56(4), 2020, pp. 3123–3133.
2. Saha, A., Banerjee, R., & Ghosh, A. Microgrid operation and control with renewable energy sources: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135, 2021, pp. 110–116.

3. Каримов М. М. Применение ранжирования при модернизации оборудования подстанции с целью повышения надежности электро–снабжения потребителей / М. М. Каримов, Д. М. Валиуллина // 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. 156–162. – EDN QPZBOK.)

4. New urban development policy of France: [Electronic resource]. URL: <http://www.gisa.ru/39414.html> (Accessed 16.10.24)

5. Рахматуллина, Д. Э. Проектный метод в преподавании иностранного языка в техническом вузе / Д. Э. Круглого стола, посвященного Дню преподавателя высшей школы, Казань, 18 ноября 2022 года. – Рахматуллина // Внедрение научных исследований в образовательный процесс вуза: материалы II Международного Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2023. – С. 57–62.

COMPARISON OF FOREIGN AND RUSSIAN ENGINEERING COMPANIES DESIGN METHODS

Valiullin Sabit Ramilevich
FSBEI HE «KSPEU», Kazan
save1313@mail.ru

The scientific supervisor is associate professor Rakhmatullina D.E.

This work is devoted to the comparison of foreign and Russian engineering companies design methods. The article also examines the design and construction process typical for Russian and foreign companies.

Keywords: design methods, design documentation, design stages, project schedule.

In recent years, a number of leading Russian design organizations, such as Kedr-89 (Moscow), VNIPIneft (Moscow), Neftekhimproekt (Saint Petersburg), Lengiproneftekhim (Saint Petersburg) and others, which have licenses to perform design and construction work (i.e., performing the functions of a general designer, customer-developer and general contractor), have mastered international design standards [1, 2]. They have accumulated significant experience in cooperation with foreign engineering companies in the implementation of large projects in the field of petrochemistry and oil and gas in Russia, which has allowed them to significantly expand the range of services provided both for Russian clients and for foreign companies operating in Russia [3, 4].

Let's analyze the differences in design methods between Russian and foreign companies:

1. Design methodology:

In Russia, design is carried out in accordance with state laws, which oblige design organizations to develop projects in accordance with Russian standards and regulations. These standards assume the possibility of equipment failure at a certain stage of the facility's operation. In contrast, the Western approach is focused on internationally recognized standards and norms, which leads to design based on calculations of the risks of failure.

2. Redundancy principles:

In Russia, redundancy principles are mainly based on 100% equipment redundancy, while abroad the level of redundancy is calculated based on the reliability of the equipment [5]. This affects capital and operating costs, as well as the area of the enterprise.

In Russia, the process of preparing technical documentation for construction is carried out in a strictly defined sequence, established centrally. Approval of the project depends on the approval of the design documentation (DD) by the customer–developer.

The project schedule is based on the established deadlines for the completion of key stages. Russian customers often set final deadlines for each stage and then allow the responsible party to work within these deadlines without hindrance. As a result, schedules in Russian projects are often formal rather than actively managed; risks are not analyzed and measures to mitigate negative consequences are not taken.

Foreign projects tend to use a general schedule, which is supported by detailed schedules for each individual stage, which are under strict control. Since project schedules are usually very strict, key activities are often carried out simultaneously. Project approval depends on the order of business on the part of the customer.

Design is organized differently both in Russian design institutes (fig. 1) and in foreign engineering companies (fig. 2).

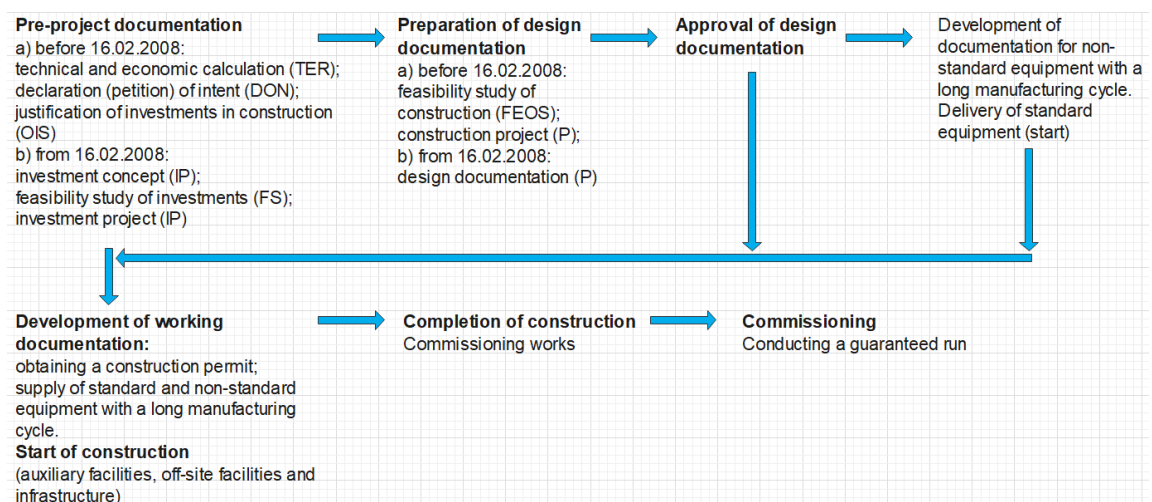


Fig. 1. The design and construction process typical for Russian companies

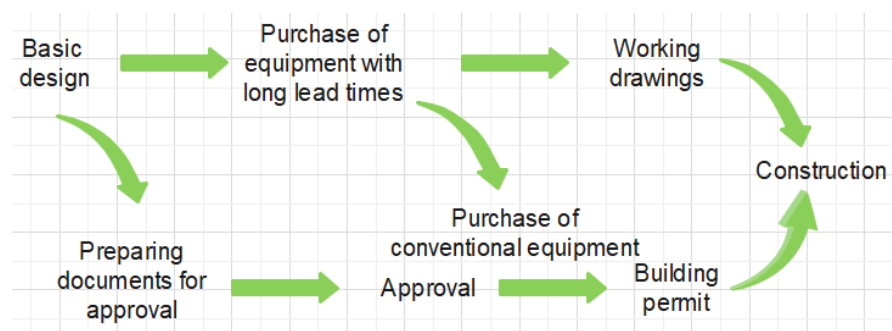


Fig. 2. The design and construction process typical for foreign companies

Thus, in Russian institutes, work is carried out through a system of production departments that are simultaneously engaged in many different projects at different stages – from investment justification to the preparation of design documentation for coordination and approval, as well as the release of working drawings. In foreign engineering companies, as a rule, specialized groups consisting of specialists with different competencies are formed for each specific project.

References

1. Nourbakhsh, G., Bagheri, M., & Aliakbar Golkar, M. Energy management of a microgrid with multiple energy sources using an adaptive predictive fuzzy algorithm. *Energy Reports*, 6, 2020, pp. 135–147.
2. Startsev, A. E. Device for continuous monitoring of transient thermal processes in dry-type transformers / A. E. Startsev, S. V. Poletaev, P. S. Shichev // *Electronic online polythematic journal "Scientific Works of KubSTU"*. – 2021. – No. 3. P. 142–151. – EDN BIRRRJP.
3. Karimov M. M. Application of ranking in the modernization of substation equipment in order to improve the reliability of power supply to consumers / M. M. Karimov, D. M. Valiullina // *Electrical networks: reliability, safety, energy saving and economic aspects: Proceedings of the international scientific and practical conference, Kazan, April 22, 2022* / Editorial board: V.V. Maksimov (editor-in-chief) [et al.]. – Kazan: Kazan State Power Engineering University, 2022. – Pp. 156–162.
4. Smith, J. D., & Johnson, A. B. Design and optimization of permanent magnet synchronous motors for electric drive systems. *International Journal of Electrical Engineering*, 45(2), 2020, pp. 87–105.
5. On the training of structural engineers in the USA: [Electronic resource]. URL: <https://smeta-kz.com/o-podgotovke-inzhenerov-proektirovshhi/> (Accessed 10/16/2024).

TRANSITION TO RESISTIVE NEUTRAL EARTHING IN 6–35 kV DISTRIBUTION NETWORKS

Galimzyanov T.I., Demidkina D.A.

FGBOU VO «KSPEU», Kazan, Republic of Tatarstan

tima.galimzyanov44@mail.ru, daria.demidkina1@gmail.com

Scientific adviser Kurakina O.E.

The presented thesis considers the use of systems with isolated neutral in 6–35 kV networks without and with compensation of capacitive currents, which by its physical essence has a number of fundamental disadvantages associated with the single-phase earth fault mode. It is proposed to switch to new complete devices for high impedance or low impedance resistive neutral earthing, which will help to eliminate the disadvantages of the network with isolated neutral.

Keywords: resistive neutral earthing, relay protection, automation, distribution networks, earth fault.

The choice of neutral earthing mode in 6–35 kV networks is a key aspect of design and operation. The neutral earthing mode in networks with the specified voltage affects the reliability of power supply to consumers, the protection of electrical equipment in the event of short-circuit faults, the magnitude of overvoltage on intact phases in the event of short-circuit faults, as well as the principles of design of protection equipment and the insulation level of electrical equipment [1].

It follows that the neutral earthing mode in 6–35 kV networks affects a significant number of technical solutions that are implemented in a particular network [2].

In 6–35 kV electrical networks, three basic neutral operating modes are used, such as isolated neutral, earthed neutral through an arc suppression reactor and earthed neutral through a resistor.

In power grids supplying a large number of industrial facilities in the Russian Federation, with voltages of 6–35 kV, an isolated neutral is used. In such networks, relay protection designed to detect single-phase earth faults in some cases is not able to selectively disconnect the emergency connection based on the signal action [3]. As a result, the entire 6–35 kV network is exposed to arc overvoltages for a long time during the fault search process [4]. Currently in

Russia there is a transition from the use of the isolated neutral mode to more modern methods of earthing in 6–35 kV networks.

The main opportunity to modernise the neutral earthing system in 6–35 kV networks is to switch to resistive earthing. New complete devices designed for high impedance or low impedance resistive neutral earthing are offered, which makes it possible to eliminate the disadvantages existing in networks with isolated neutral. The introduction of resistive neutral earthing helps to eliminate dangerous overvoltages and improves the speed and selectivity of relay protection. The resistive neutral earthing system for 6–35 kV networks significantly reduces the level of arc overvoltages, ensures selective detection of faults and their prompt tripping, and improves electrical safety conditions [5].

In the case of a single-phase earth fault in networks with neutral grounded via a resistor, all bays have their own capacitive currents. In addition, the faulted feeder has an active current generated by the resistor [6]. This key difference makes it possible to solve two main problems: to selectively identify the faulted feeder (through the use of simple relay protections acting on trip or signal) and immediately take measures to eliminate the fault; to significantly limit the level of arc overvoltages in single-phase earth faults and to eliminate ferroresonance processes.

There are three variants of neutral earthing of 6–35 kV networks via a resistor: low impedance, high impedance and combined.

Low-impedance resistive neutral earthing is used when a single-phase earth fault must be selectively disconnected within the shortest possible time. In this case, the neutral current must be sufficient to allow the relay protection to trip (10 to 100 A).

High-resistance resistive neutral earthing is reasonable to use in cases when the network must be able to operate for a long time in the single-phase earth fault mode until the fault location is detected. At the same time, the neutral current should be of such magnitude as to exclude the occurrence of dangerous arc overvoltages and reduce electrical safety, but should be sufficient to detect the damaged connection and relay protection operation on the signal (not more than 10 A).

Combined neutral grounding is carried out by connecting a high impedance resistor in parallel with DGR and allows to reduce the level of overvoltages in case of inaccurate setting of DGR, as well as contributes to the work on the signal of relay protections.

The use of neutral grounding resistors in 6–35 kV networks allows to significantly improve the reliability of network operation, automate the process

of searching for the damaged section and reduce the accident rate in case of short-circuit faults.

References

1. Improving the efficiency of 6–10 kV overhead power networks with insulated neutral at single-phase insulation faults / A. N. Kachanov, V. A. Chernyshov, B. N. Meshkov [et al.] // News of higher education institutions of the Chernozemya. – 2021. – № 1(63). – pp. 80–94.
2. Influence of the method of grounding the neutral of the auxiliary network of a 500 MW unit on overvoltages and relay protection operation / V.A. Zilberman, I.M. Epstein, A.S. Petrishchev, G.G. Rozhdestvensky // Electricity, 1987, № 12, c. 52—56.
3. Sattarov, R. E. Protection of electrical networks from overvoltages / R. E. Sattarov // Tinchurin Readings – 2022 “Energy and Digital Transformation” : Collection of articles on the conference materials. In 3 volumes, Kazan, April 27–29, 2022 / Under the general editorship of E.Yu. Abdullazyanov . – Kazan: Kazan State Power Engineering University, 2022. – C. 128–131.
4. Protection against overvoltages in 6–10 kV networks / Yu. F. Vasyura, V. A. Gamilko, G. A. Evdokunin, N. I. Utegulov // Electrical Engineering. – 1994. – № 5–6.
5. Using Swarm Intelligence Algorithm for Symmetrization of Electric Networks. Makletsov, A.M., Cuong, L.Q., Vorkunov, O.V., Maksimov, V.V., Kurakina, O.E. International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices, EDM. 2024, pp. 1490–1495.
6. Evdokunin, G.A. Main characteristics of different methods of grounding the neutral of 6–35 kV networks / G.A. Evdokunin // Protection against single-phase earth faults in 6–35 kV electrical installations: Collection of articles and information of the Relay Protection and Automation Department of PEIPK. – SPb. – 1999.

REACTIVE POWER COMPENSATION METHODS

Goryachev K.I., Demkina D.A.

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

kostya.goryachev.1998@mail.ru, daria.demidkina1@gmail.com

The thesis reveals the concept of reactive power. Its influence on the system and network mode parameters is evaluated. The importance of reactive power compensation is indicated, and the main methods of its compensation are given.

Keywords: reactive power, reactive power compensation, synchronous compensation, longitudinal compensation, transverse compensation.

Reactive power is the kind of power that is not consumed by the load. It appears to be a part of the full capacity that does not perform useful work [1]. One of the sources of reactive power is the presence of capacitance (Q_c) and inductance (Q_l) in high and ultrahigh voltage networks. The effect on the voltage in the network is explained by such factors as: overload of power lines (reactive power creates an additional load, which leads to a decrease in voltage); uneven load (in networks with uneven load can cause voltage fluctuations); operation of generators (generators must generate reactive power for their operation, but if it is too high, it will affect the stable operation of the generator itself).

Reactive power compensation is used to reduce the impact of reactive power on consumers. Methods such as installing capacitor banks and using synchronous compensators are employed. The main principle behind these methods is to consume the reactive power that is produced in the network, thus shortening the path it takes through the system [2].

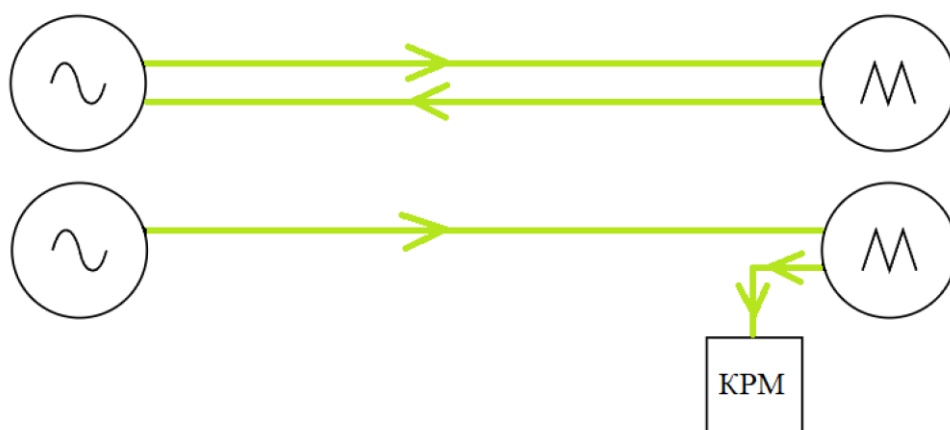


Fig. 1. "Flow" of reactive power through networks without and with RPC

Longitudinal or sequential compensation is used on 110 kV lines and above. This is done to reduce the inductive resistance of the line, which helps to increase throughput and reduce power loss. However, using this type of installation increases the risk of short-circuit currents, so surge arresters are often added to the system for protection. There are several types of longitudinal compensation devices, including fixed capacitors, thyristor-controlled capacitors, and capacitors with voltage converters. These devices help to control the amount of compensation needed to maintain stable power flow in the line.

Transverse or parallel compensation is used in medium and low voltage distribution networks (6–35 kV) to balance the reactive power demand of consumers. This compensation device does not alter the system parameters but instead acts on the equivalent resistance of the load [3].

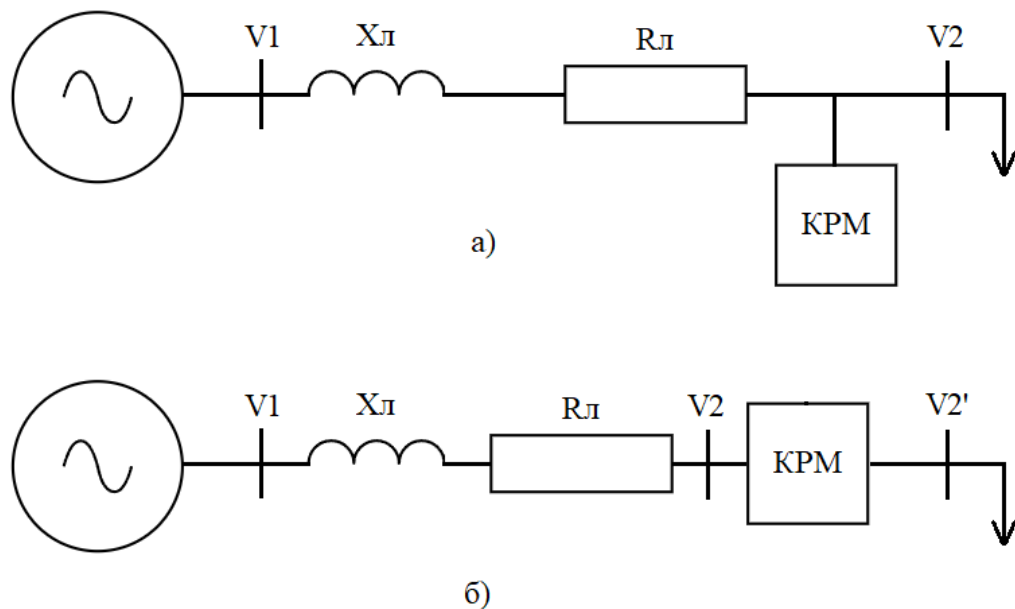


Fig. 2. Transverse (b) and longitudinal (a) reactive power compensation

The installation of capacitor banks allows for stepwise changes in reactive power. Synchronous compensators are used for linear variations. They are synchronous motors designed to operate at idle and generate an advanced (capacitive) or lagging (inductive) current. These devices are used in power plants, substations, and other electrical power facilities. Synchronous compensators can operate independently or as part of automatic excitation control systems [4].

A large number of electrical devices creates an additional reactive load on the electrical network, which can increase over time. To improve the reliability

and capacity of power grids, reactive power compensating devices can be used. These devices help to avoid penalties from electricity suppliers for a poor power factor.

References

1. Active, reactive and full (apparent) power // Khomov electro URL: <https://khomelectro.ru/articles/aktivnaya-reaktivnaya-i-polnaya-kazhushchayasya-moshchnosti.html> (date of application: 10.10.2024).
2. Gerasimenko, A.A. Transmission and distribution of electric energy / A.A. Gerasimenko, V.T. Fedin. — 2nd ed. — Moscow : Publishing House of MEI, 2014. — 640 p.
3. Shvets, D.A. Devices of longitudinal and transverse compensation [Electronic resource] / D. A. Shvets // svel.ru. — 2018. — URL: <https://svel.ru/articles/ustroystva-prodolnoy-i-poperechnoy-kompensatsii.html> (date of application: 12.10.2024).
4. Handbook on the design of electrical systems / edited by S.S. Rokotyan, I.M. Shapiro. — Moscow: Energiya, 1977. — 352 p.

COMPLETE SWITCHGEAR 6–10 kV

Ivanov T.D., Demidkina D.A.

FGBOU "KGEU" Kazan, Republic of Tatarstan

timurka.ivanov.2002@list.ru, daria.demidkina1@gmail.com.

The main complete distribution devices are considered in the thesis. The main types of cabinets designed for receiving and distributing three-phase alternating current, but only one voltage category, are listed.

Keywords: one-way maintenance chamber (CSR), complete switchgear, switches, disconnectors, current transformers.

Modern energy-intensive enterprises that operate at a voltage between 6 and 10 kV require electrical energy to function. These businesses distribute electricity using complete distribution systems. However, it is important for industries to control their electricity consumption and reduce the amount of energy they use whenever possible.

There are two main ways to achieve these goals:

- Choose cheaper equipment initially, which will save money in the short term.
- Choose equipment that is more reliable and will save on long-term operating costs [1].

Let's take a look at the main types of distribution systems based on the installation method:

- One-Way Maintenance Chambers (CSRs)
- Complete Switchgear (CSGs)

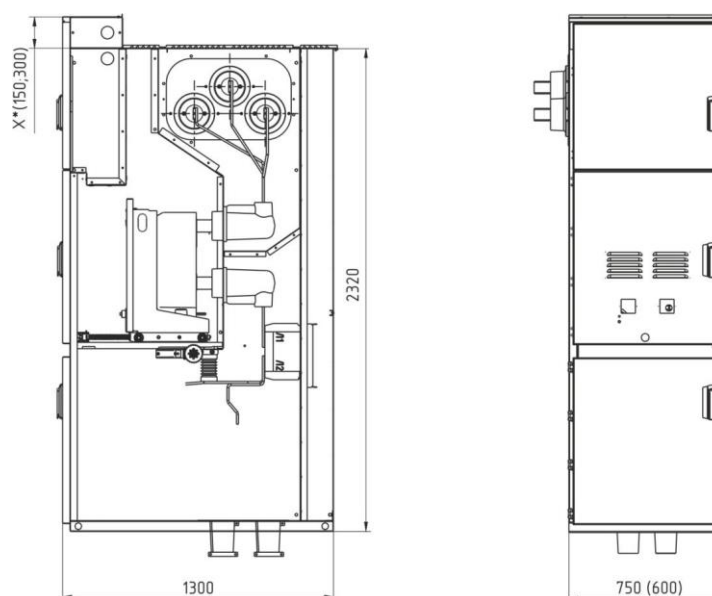
Complete Switchgear is a system that consists of cabinets or compartments that are partially or fully enclosed.

First, let's talk about the CRU. These devices are not different in purpose from CSR cells, as they are used for receiving and distributing three-phase electrical energy with a frequency of 50 Hz and a voltage of up to 10(6) kV in isolated or grounded networks through an arc extinguishing reactor.

Control panels are high-voltage compartments where all devices and equipment are mounted on pull-out trolleys with retractable elements. Therefore, control panel cells do not include linear and bus disconnectors, as the visible gap is provided by the power switch's pull-out mechanism.

In various types of switchgear units, it is possible to use power switches, relay protection devices, and electricity meters from different manufacturers. The design's reliability, with the minimization of switching devices used, makes the switchgear unit easy to install and maintain. If a power switch malfunctions, its replacement takes only a few minutes, unlike in CSR units, where the power switch is permanently installed [2].

In Fig. the dimensional drawing of the KRU–6 kV produced by Tavrida Electric is shown. The cabinets of the switchgear are of one–sided (lean–to type) and two–sided (free–standing with aisles on both sides) service.



Control cabinet D–12P with a power switch for rated current up to 2000 A

The reliability of the design with the minimization of the switching devices used makes the switchgear cell easy to install and maintain. If the power switch fails, its replacement will take several minutes, unlike CSR cells, where the power switch is installed permanently.

The weight of these CRU cells averages 1000 kg, depending on the layout.

Let's highlight the main advantages in comparison with CSR cells:

- Cranes are more reliable and easier to operate and maintain;
- The service life is longer compared to CSR cells.

CSR cameras are one–way maintenance, perform functions similar to those of a CRU. However, CSR has its own characteristics. By the name, you can understand that the service takes place from the facade. The maintenance of this camera is somewhat more complicated than that of the KRU.CSR is primarily a low–cost solution for the configuration of a 6(10) kV RC. The

maximum current of CSR cells in rare cases is 1600 A, and for CRU cells it can reach 3150 A, depending on the specific model [3].

Thus, after conducting a comparative characteristic, it can be concluded that, depending on the set goals and operating conditions, each cell will find its own application. KRU is more reliable and convenient equipment, but CSR, in turn, has a significant factor — it is the price.

References

1. Single-end service (SES) assembled chamber [Electronic resource]. – URL: <https://mkc.ae/single-end-service-ses-assembled-chamber> (date of application: 04.11.2024).

2. Differences between KRR12 and CSR series 386, 366, 393, 398 [Electronic resource]. – URL: <https://www.energoreg.ru/info/articles/stati/otlichiya-kru-r12-ot-kso-seriy-386-366-393-398/> (date of application: 05.11.2024).

3. CRU or CSR—which to choose? [Electronic resource]. – URL: <https://4-energy.ru/press-centr/stati/kru-ili-kso-cto-vybrat/> (date of application: 01.11.2024).

OPTIMIZATION OF OPERATING VOLTAGES IN POWER SUPPLY CENTERS OF DISTRIBUTION GRIDS

Khaertdinova A.I.

KSPEU, Kazan, Russia

adelya.haertdinova@mail.ru

Scientific advisor Demidkina D.A.

The thesis deals with the problem of optimization of operating voltages in power supply centers of distribution electric networks. The purpose of this thesis is to study the methods of optimization of operating voltages in power supply centers of distribution electric networks and to analyze their effectiveness.

Keywords: power supply centers, optimization, voltage, electricity distribution networks, operating voltages, transmission lines.

Electricity distribution networks are an important part of the energy infrastructure that provides power supply to consumers. Optimization of operating voltages makes it possible to increase the efficiency of distribution networks, reduce power losses and improve the quality of power supply.

Electricity distribution networks are a system of transmission lines, transformers and other equipment designed to transmit and distribute electricity to consumers. The main elements of distribution networks are transmission lines, which connect power supply centers with consumers; transformers, which convert the high voltage of transmission lines into the low voltage required to supply consumers; switching devices, which provide control of power flows in the networks.

As a rule, 6–20 and 35 kV networks and part of 110 kV networks are operated in radial mode. The power supply centers of these networks are, respectively, substations 500–35/6–20 kV, 500–110/35 kV and 500–220/110 kV [1].

Operating voltages in distribution networks are determined by the parameters of transmission lines, transformers and switching devices. These parameters can vary depending on load, climatic conditions and other factors [2].

Operating voltages in power supply centers are affected by the following factors:

- 1) power supply voltage – determined by the parameters of generating stations and can be constant or variable;
- 2) power line resistance – depends on the length of the power line, cross-section of wires and other parameters;
- 3) transformer transformation ratio – determines the ratio between high and low voltage;
- 4) consumer load – depends on the number and capacity of connected devices.

Changes in the indicators of operating voltages in power supply centers are provoked by changes in these factors. This can cause power losses in transmission lines and transformers, reduction of quality of power supply to consumers and deterioration of equipment operation.

To avoid these problems, the operating voltages in power supply centers should be optimized.

There are several methods to optimize operating voltages in power supply centers of distribution networks:

Voltage regulation at the power source. This method consists of changing the parameters of the generating stations to provide the optimal voltage in the power supply centers. This can be achieved by changing the transformer ratio, regulating the generator speed or using other methods.

Changing the transformer ratio of transformers. This method allows the ratio between high and low voltage in transformers to be adjusted. This can be done by switching transformer winding taps or by using automatic voltage regulators.

Utilization of volt adders. Volt boosters are additional transformers or autotransformers that are connected in series with the main transformers. They allow to regulate the voltage on the low voltage side of transformers without changing the transformation ratio [3].

Application of compensating devices. Compensating devices, such as capacitor banks or synchronous compensators, can be used to compensate reactive power in networks, which, in turn, allows to reduce power losses and improve the quality of power supply.

Optimization of equipment operating modes. The operating modes of equipment such as switchgear, transformers and transmission lines can also affect the operating voltages in power supply centers. Optimizing these modes can help reduce power losses and improve grid efficiency.

Automatic control of voltages. Modern automatic control systems allow real-time monitoring and regulation of voltages [4, 5]. These systems can use

data on load, climatic conditions, and other factors to optimize operating voltages.

Data monitoring and analysis. Collecting and analyzing data on operating voltages, loads, power losses, and other parameters can identify problems and determine optimal optimization methods.

The choice of optimization method depends on the specific conditions and requirements of the distribution network operation.

References

1. RD 34.09.254–86. Instruction on reduction of technological consumption of electric power for transmission through electric networks of power systems and power unions: approved by the Ministry of Energy of the Russian Federation. transmission through power grids of power systems and power unions: approved by the Ministry of Energy and Electrification of the USSR on 31.03.1986: date of introduction 01.01.1988 [Electronic resource].and Electrification of the USSR 31.03.1986: date of introduction 01.01.1988 [Electronic resource]
http://www.iprotec.ru/img/baza/dokumenty/rd_ukovodyaschaya_dokumentatsiya/rd_34_09_254.pdf (date of reference: 10.10.2015).
2. Zhelezko Yu.S. Compensation of reactive power and Improvement of electric power quality. Moscow: Energoatomizdat, 1985.
3. Zhu, J.: Optimization of Power System Operation. Wiley–IEEE Press (2015).
4. Tukhfetullo, I. R. Optimization of operation modes Electric networks of medium voltage / I. R. Tukhfetullo, O. V. Vorkunov // Electrical networks: reliability, safety, energy saving and economic. Electrical networks: reliability, safety, energy saving and economic aspects: Proceedings of the international scientific–practical conference. aspects: Proceedings of the international scientific–practical conference, Kazan, April 22, 2022 / Edc. April, 2022 / Editorial Board: V.V. Maksimov (editor–in–chief). Maximov (chief editor) [and others]. –Kazan: Kazan State Power Engineering University, 2022. – P.261–267.
5. O. V. Vorkunov. Quantitative Assessment of Reliability Indicators of Electrical Circuits of 10 Kv Distribution Networks. 2022 International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon), 2022, pp. 279–283.

ADVANCES IN DIAGNOSTIC METHODS FOR POWER TRANSMISSION CABLE LINES: A COMPARATIVE ANALYSIS

Saveleva Diana Alekseevna, Demidkina Darya Aleksandrovna

FSBEI HE «KSPEU», Kazan

saveleva.diana2002@mail.ru

The paper presents a comprehensive study of fault diagnosis methods for cable transmission lines, emphasising the transition from traditional destructive methods to modern non-destructive diagnostics technologies. Using a comparative analysis, the efficiency, reliability and cost-effectiveness of various methods, including time domain reflectometry (TDR) and partial discharge (PD) measurements, are evaluated.

Keywords: cable lines, diagnostic methods, time domain reflectometry, partial discharge measurement, intelligent monitoring systems, predictive maintenance.

Cable transmission lines play a key role in electricity distribution networks, transporting electricity from generating companies to consumers. However, maintaining the integrity of cable lines presents significant challenges, including the occurrence of various forms of insulation breakdown. Therefore, effective diagnosis of cable line faults is essential to ensure uninterrupted power supply and minimise economic losses. The purpose of this paper is to review existing cable fault diagnosis methods, evaluate their effectiveness, and explore potential opportunities to improve the diagnosis methods to meet the evolving needs of power distribution systems.

The relevance of diagnostics of cable transmission lines is emphasised by the critical role these components play in the transmission and distribution of electricity in urban and industrial environments. Cable line failures not only result in significant economic losses due to downtime and repair costs, but also pose significant risks to the reliability of power supply, affecting countless consumers and businesses. The complex nature of cable line systems, combined with the various potential mechanisms of insulation breakdown – thermal, electrical or ionisation – requires sophisticated diagnostic techniques to proactively identify and correct potential faults. Traditional high voltage testing, while effective in some cases, is often inadequate due to its invasive nature and the risk of accelerated insulation ageing, emphasising the importance of non-destructive testing methods [1]. These methods, ranging from insulation resistance measurements to advanced partial discharge analysis, allow defects to

be detected without compromising the integrity of the cable line. However, the lack of a universal diagnostic method suitable for all cable types and operating conditions indicates a significant gap in current maintenance practices.

In the field of power line diagnostics, methods are mainly divided into non-destructive and destructive methods, each with its own set of applications, advantages and disadvantages – let's take a closer look at them.

Non-destructive methods are favoured for routine maintenance and monitoring due to their ability to assess the condition of a cable without disrupting its functionality. These include Time Domain Reflectometry (TDR), which detects impedance changes along the length of the cable that indicate the presence of faults, and Partial Discharge (PD) measurement, a technique that detects electrical discharges that are precursors to insulation failure [2]. Destructive tests, such as insulation resistance and dielectric breakdown tests, are usually designed for post-failure analysis or as a final method of testing newly installed or repaired lines. These methods provide accurate information about the integrity of the cable material, but at the cost of potentially damaging or destroying the test specimen. The selection of the appropriate diagnostic method depends on several factors, including the specific type of cable, its operating conditions, the nature of expected or potential faults, and the importance of continuity of service.

When evaluating methods for diagnostics of cable transmission lines, a comparative analysis revealed significant differences in accuracy, reliability, cost-effectiveness and ease of use. Time Domain Reflectometry (TDR) is a highly accurate fault localisation method, especially in linear, uncomplicated cable runs. Its reliability is emphasised in environments where accurate fault localisation is critical [3]. However, its cost-effectiveness is reduced in complex network topologies due to the potential need for additional diagnostic tools to interpret ambiguous results. Partial discharge (PD) measurement, on the other hand, provides early detection of insulation degradation, which is a key factor for proactive maintenance strategies. Its reliability is high in an environment where early warning of potential failures significantly reduces operational risks. However, the accuracy of the method can be compromised by ambient noise, requiring complex filtering techniques that increase the overall cost [4]. Destructive methods, including insulation resistance and dielectric breakdown tests, can accurately determine the physical condition of the cable, but their cost limits their frequent use. Thus, these methods are less cost-effective for routine diagnostics, but invaluable for compliance and post-repair verification.

Comparative analyses show that the choice of diagnostic method depends on a balanced consideration of these factors. For continuous, non-intrusive

monitoring, PD measurement is a reliable, albeit more expensive, solution. TDR offers a more budget-friendly option for fault localisation in simpler systems. Destructive testing remains an indispensable, albeit less frequently used, tool for final evaluation. This understanding helps in selecting the most appropriate diagnostic method given the specific operational and financial constraints associated with cable maintenance.

In conclusion, the study and comparative analysis of diagnostic methods for transmission cable lines emphasise the critical role of innovative non-destructive technologies in improving the reliability and efficiency of electricity distribution networks. Advanced diagnostic techniques, including Time Domain Reflectometry (TDR) and Partial Discharge (PD) measurement, have come to play a key role in preventing failures and optimising maintenance strategies, balancing the need for uptime with economic and logistical constraints.

References

1. Poluyanovich, N. K. Analysis of characteristics and study of thermal breakdown of insulating materials caused by partial discharges / N. K. Poluyanovich, M. N. Dubyago // Scientific Bulletin of Novosibirsk State Technical University. – 2018. – № 2(71). – C. 157–174. – DOI 10.17212/1814-1196-2018-2-157-174. – EDN RXAMSF.
2. Roshchin, O. N. Analysis of methods for determining the locations of cable line faults based on nondestructive testing methods / O. N. Roshchin, A. N. Babaevsky // Modern development of science, technology, business: a collection of articles by students, graduate students and young scientists / Association of Technical Universities; Bauman Moscow State Technical University (National Research University). – Moscow : Association of Technical Universities; Bauman Moscow State Technical University, 2021. – C. 142–148. – EDN TDTROK.
3. Extension of the residual resource of the cable line / N. A. Grankina, N. V. Storchak, A. A. Karabak, N. V. Papezhuk // Pridneprovsky nauchny vestnik. – 2022. – T. 4, № 11. – C. 73–75. – EDN PPVLYT.
4. Roshchin, O. N. Analysis of methods for determining the locations of cable line damage on the basis of nondestructive testing methods / O. N. Roshchin, A. N. Babaevsky // Modern development of science, technology, business: a collection of articles by students, graduate students and young scientists / Association of Technical Universities; Bauman Moscow State Technical University (National Research University). – Moscow : Association of Technical Universities; Bauman Moscow State Technical University, 2021. – C. 142–148.

EVALUATION OF RESIDUAL LIFE OF CIRCUIT BREAKERS IN ELECTRIC POWER SYSTEMS: A TECHNOLOGICAL PERSPECTIVE

Saveleva Diana Alekseevna, Demidkina Darya Aleksandrovna

FSBEI HE «KSPEU», Kazan

saveleva.diana2002@mail.ru

The paper uses PSCAD software to thoroughly simulate the behaviour of circuit breakers in power systems, thus eliminating gaps in the existing literature on the assessment of the residual life of circuit breakers. The results obtained make a valuable contribution to improving reliability and reducing maintenance costs in the power industry.

Keywords: circuit breakers, residual life, PSCAD, modelling, power systems, reliability, maintenance costs.

Switches play a key role in power supply systems as essential components for controlling and regulating electrical circuits. Their proper functioning is essential to ensure the stability and reliability of power distribution networks. The consequences of circuit breaker failures are severe, ranging from service interruption to potential equipment damage, posing a significant threat to the overall safety and efficiency of the power system. The existing literature on circuit breaker life estimation indicates a critical need for improved methodologies and technologies to accurately predict and mitigate the consequences of circuit breaker failures. This study addresses these gaps by using a rigorous modelling approach using PSCAD software to make a new contribution to the estimation of the remaining life of circuit breakers in electric power systems, thereby improving the industry's understanding and ability to ensure the continued reliability and safety of distribution networks [1].

The existing literature on circuit breaker life assessment is characterised by a multitude of techniques used in previous studies. Some researchers have focused on diagnostic techniques, using thermal imaging and vibration analysis to identify potential anomalies and predict breaker failures. However, these approaches often do not provide a complete picture of the combined effects of various environmental and operational factors on circuit breaker life. In addition, reliance on empirical observations without a sound theoretical basis creates limitations for accurate prediction of the residual life of circuit breakers [2]. Modelling techniques based on probabilistic approaches have demonstrated their usefulness in estimating breaker life, but their application is difficult due to their

reliance on simplified assumptions that may not capture the complexity of real-world scenarios. Nevertheless, challenges remain in optimising these models for different types of switches and operating conditions [3]. As an author, I believe that addressing these gaps is essential for the development of this field [4].

The methodology involves the use of PSCAD software to thoroughly simulate the behaviour of switches in electrical power systems. The selected parameters, which include thermal and electrical properties, are carefully selected to fit practical scenarios, which contributes to the validity and applicability of the study results. Assumptions made during the modelling process, such as homogeneous environmental conditions and constant load profiles, are carefully justified to maintain a balance between computational feasibility and consistency with real-world operational dynamics.

The simulation results provide a comprehensive understanding of the behaviour of the circuit breaker under different operating conditions, providing valuable information for residual life assessment. The analysis of the results fulfils the stated objectives of the study, demonstrating the impact of environmental and load variations on circuit breaker performance. A comparative analysis of the results obtained with existing literature data reveals both confirmations and inconsistencies, highlighting the need for modelling approaches that take into account the different operating conditions of circuit breakers. The implications of these results extend to a better understanding of the residual life of circuit breakers, with particular attention to the influence of environmental factors on degradation mechanisms. The consideration of limitations and uncertainties, such as the assumption of homogeneous environmental conditions, highlights the need for further improvements in modelling methodologies. The practical relevance of this study to the power industry lies in the possibility of improving system reliability and reducing maintenance costs by making informed decisions based on more accurate estimates of the remaining life of circuit breakers.

In conclusion, this study, which uses a rigorous modelling approach using PSCAD software, contributes to the understanding of the residual life of circuit breakers in power systems.

References

1. Vorkunov O. V., Samofalov Y. O., Butakov V. M. Physical processes in vacuum circuit breakers under switching overvoltages. 2023 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), Sochi, Russian Federation, 2023, pp. 250–254.

2. Nechaeva, I. A. Analysis of the methods for estimating the switching life of high-voltage switches / I. A. Nechaeva, I. A. Safronova // Science and Education to Transport. – 2022. – № 2. – С. 43–46.

3. O. V. Vorkunov, L. A. Glotkina and A. M. Sinicin, "Short-Circuit Current Limitation," 2024 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), Sochi, Russian Federation, 2024, pp. 315–320.

4. Petrov, D. O. Determination of the residual resource of the vacuum circuit breaker / D. O. Petrov // Fundamental and applied aspects of modern science development : Collection of scientific articles on the materials of IX International scientific-practical conference, Ufa, 23 September 2022. – Ufa: Limited Liability Company ‘Scientific and Publishing Centre “Vestnik nauki”, 2022. – С. 10–16.

MODELING OF TRANSIENT SIGNALS IN INHOMOGENEOUS LINES

Tukhfatullin I.R., Khuzyashev R.G., Demidkina D.A.

FSEI HE «KSPEU», Kazan City, Tatarstan Republic

iskander.tukhfatullin@mail.ru, 142892@mail.ru, daria.demidkina1@gmail.com

The paper researches the formation of transient signals in a simple inhomogeneous simulation model of a 10 kV line in order to implement the travelling wave fault location in medium voltage class lines. The paper also analyzes the parameters of transient signals.

Keywords: transient signal, traveling wave fault location, PSCAD, inhomogeneity.

Travelling wave fault location complexes (TWFL) are based on registration of the current and voltage's steps beginning time. Said steps are generated at the fault location at the ends of the line in a single satellite time scale. Knowing the difference of arrival time at these ends, we can determine the place of occurrence of this signal [1]. In order to modernize the algorithms for processing the signals recorded by the TWFL complex's sensors, it is relevant to study the processes of transients signals (TS) formation.

The voltage step (VS) propagates in an highly inhomogeneous line. The main inhomogeneities are branch nodes, branch ends, and capacitances of supporting insulators on the traverse of line towers.

The study of the waveform and parameters of the recorded signal and, in particular, its front is important for the selection of algorithms for determining the TS beginning time.

For this task we used the PSCAD package to model a simple 10 kV network of 10 km (Fig. 1), in which inhomogeneities are the nodes with branches (NBs). Signals are recorded by V blocks, consisting of a voltmeter that registers VS.

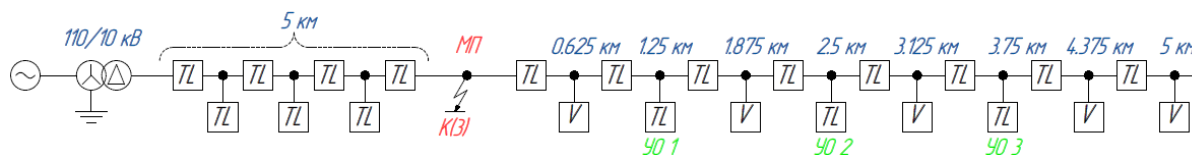


Fig. 1. Schematic diagram of inhomogeneous 10 kV network.

The VS experiences partial reflections from network inhomogeneities (branch nodes, branch ends, capacitances of supporting insulators) during its movement. The sum of all VSs forms the TS. Table 1 and fig. 2 show the

modelling results. The following parameters are written in each cell: first VS amplitude and maximum registered TS amplitude in kilovolts. The time of registration in microseconds is indicated in brackets. The modelling results (Table 1 and Fig. 2) show that often the maximum amplitude of the whole signal corresponds not to the amplitude of the first registered VS, but to the subsequent one, the amplitude of which is formed by superposition of a large number of reflected VSs.

Thus, if we register the first VS, but determine the beginning of the signal by another VS, the error in determining the TS beginning and, consequently, the fault location will grow.

Table 1. Dependence of TS parameters on branch length and distance from the fault location.

Branch length, m	Distance from fault location, km				
	0,625	1,875	3,125	4,375	5
2500	4,136 (2)	2,62 (6,2)	1,5 (10,4)	1,18 (14,55)	2,38 (16,65)
	3 (68)	2,7 (22,73)	2,8 (26,99)	2,45 (35,34)	2,76 (33,12)
500	4,136 (2)	2,62 (6,2)	1,5 (10,4)	1,18 (14,55)	2,186 (16,65)
	3,1 (10)	5 (30,39)	2,2 (13,72)	2,2 (17,88)	4,274 (20)
100	4,136 (2)	4,4 (6,2)	1,5 (10,4)	1,18 (14,55)	2 (16,65)
	4,4 (32)	4 (27,6)	3 (23,58)	2,2 (15,23)	4,36 (17,33)
20	4,136 (2)	4,4 (6,2)	4,1 (10,4)	4,18 (14,55)	8,21 (16,65)
	4,35 (32)	3,63 (27,6)	3,83 (23)	4,1 (18,76)	6,77 (50,15)
10	4,136 (2)	4,4 (6,2)	4,1 (10,4)	4,18 (14,55)	8,21 (16,65)
	4 (32)	3,6 (27,6)	3,78 (23)	4,1 (18,76)	6,77 (50,15)
5	4,136 (2)	4,4 (6,2)	4,1 (10,4)	4,18 (14,55)	8,21 (16,65)
	3,88 (32)	3,6 (27,6)	3,63 (23)	4,1 (18,76)	6,77 (50,15)
0	4,136 (2)	4,4 (6,2)	4,1 (10,4)	4,18 (14,55)	8,21 (16,65)
	3,82 (32)	3,6 (27,6)	3,63 (23)	4,1 (18,76)	6,77 (50,15)

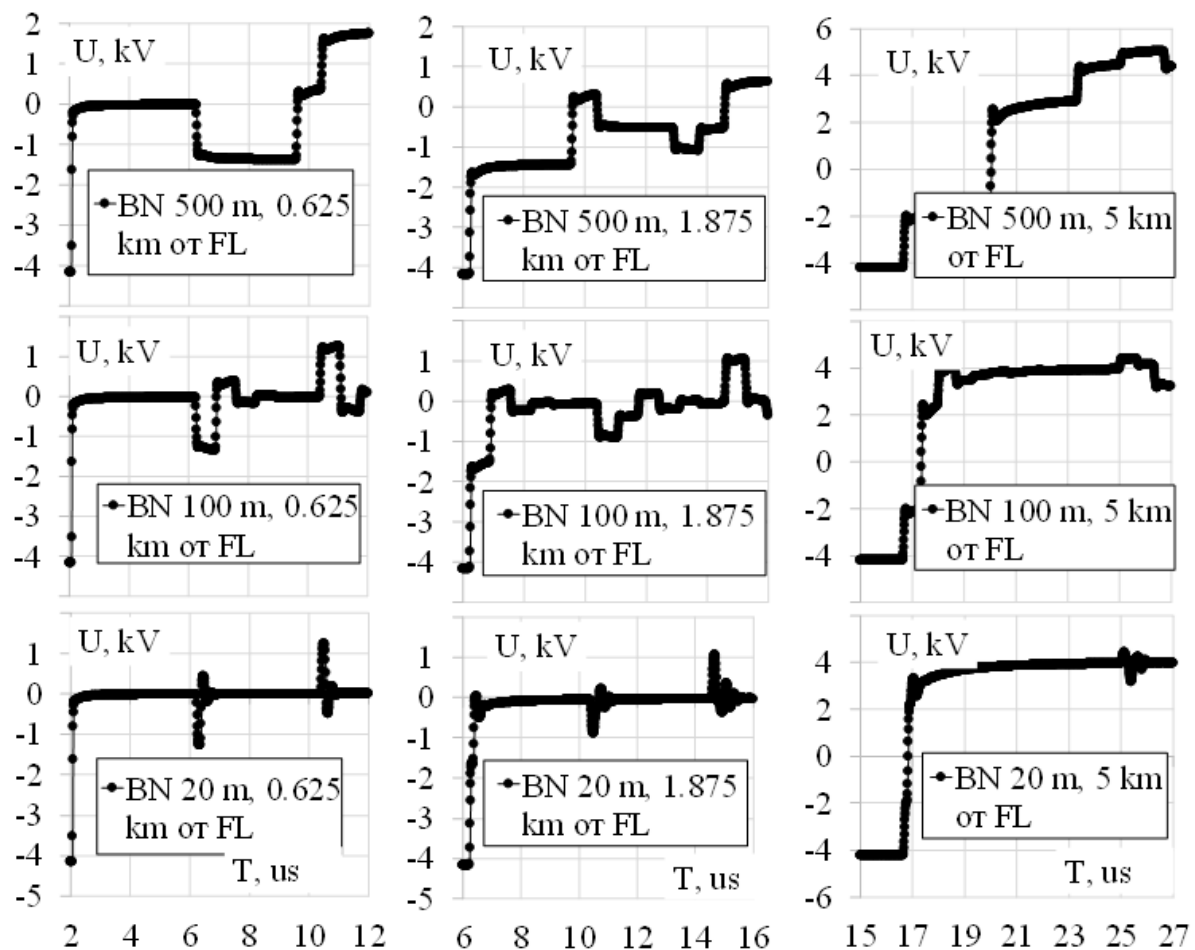


Fig. 2. VS oscillograms obtained by varying the measurement point and branch length.

The maximum amplitude of TS recorded at any point of the line increases slightly with the length of branches. The time position of the maximum TS amplitude relative to the time of the first VS beginning time increases in proportion to the branch length. This effect is most evident at the end of the line.

References

1. Practical realization of the travelling wave fault location in branched distribution electric networks 6(10) kV / R. G. Huzyashev, I. L. Kuzmin, V. D. Vasiliev, S. M. Tukayev // *Electricity. Transmission and distribution*. – 2019. – № 2(53). – C. 98–107. – EDN ZBXMGT.
2. Huzyashev, R. G. Influence of distribution network inhomogeneities on the transient signal / R. G. Huzyashev, I. R. Tukhfatullin // *Technological sovereignty and digital transformation : International scientific and technical conference, Kazan, April 04, 2024*. – Kazan: Kazan State Power Engineering University, 2024. – C. 272–274. – EDN NSKRQC.

НАПРАВЛЕНИЕ 2: РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИЗАЦИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИ СИСТЕМАХ

УДК 621.316.925.1

МЕТОДЫ АНАЛИЗА РАСТВОРЕННЫХ ГАЗОВ В ТРАНСФОРМАТОРНОМ МАСЛЕ ДЛЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Аккузин В.В.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

vadik.akkuzin@yandex.ru

Науч. рук. доц. Губаев Д.Ф.

В тезисе рассмотрены два способа для анализа растворенных газов в трансформаторном масле: анализ оценки состояния IEEE и соотношения Роджерса. Представлены параметры растворенных газов, по которым можно судить о появлении повреждений в силовом трансформаторе.

Ключевые слова: силовой трансформатор, растворенные газы, неисправность, трансформаторное масло, перегрев.

Мониторинг состояния трансформатора является важной задачей для повышения производительности и увеличения срока службы трансформатора.

Анализ растворенных газов в трансформаторном масле используется для обнаружения неисправностей в трансформаторе [1, 2]. Установлено, что резкие изменения концентрации и соотношения различных газов в трансформаторном масле влияют на состояние трансформатора, могут привести к разрушению изоляции материалов [3].

Для анализа состояния в соответствии с информацией о растворенных газах были использованы различные методы. В статье рассмотрены анализ оценки состояния IEEE и соотношения Роджерса.

Анализ IEEE. Анализ IEEE использует общее количество растворенных горючих газов (TDCG), скорость роста TDCG и данные тренда отдельных газов для анализа состояния трансформатора [4].

Общее количество растворенных газов рассчитывается по формуле:

$$\text{TDCG} = \text{H}_2 + \text{CH}_4 + \text{C}_2\text{H}_2 + \text{C}_2\text{H}_4 + \text{C}_2\text{H}_6 + \text{CO} \quad (1)$$

где TDCG – общее количество растворенных горючих газов; H_2 – водород; CH_4 – метан; C_2H_2 – ацетилен; C_2H_4 – этилен; C_2H_6 – этан; CO – монооксид углерода.

Четырехуровневый критерий был разработан для классификации рисков трансформаторов:

Уровень 1: TDCG ниже этого уровня указывает на нормальную работу, если количество какого-либо отдельного газа увеличивается, то требуется дополнительное исследование;

Уровень 2: TDCG в этом пределе указывает на низкий уровень разложения, требуется исследование отдельных газов в зависимости от нагрузки трансформатора;

Уровень 3: TDCG в этом пределе указывает на высокий уровень разложения, требуется индивидуальное исследование различных газов; необходимо запланировать техническое обслуживание трансформатора;

Уровень 4: TDCG выше этого предела указывает на чрезмерное разложение, эксплуатация трансформатора может привести к его поломке; необходимо вывести трансформатор из работы.

Анализ основных газов используется, если имеются данные о тенденции роста количества отдельного газа (таблица 1).

Таблица 1

Анализ основных газов TDCG

Газ	Количество газа			
	Уровень 1	Уровень 2	Уровень 3	Уровень 4
TDCG	≤ 720	721 – 1920	1921 – 4630	> 4630
H_2	< 100	101 – 700	701 – 1800	> 1800
CH_4	< 120	121 – 400	401 – 1000	> 1000
C_2H_2	< 1	2 – 9	10 – 35	> 35
C_2H_4	< 50	51 – 100	101 – 200	> 200
C_2H_6	< 65	66 – 100	101 – 150	> 150
CO	< 350	351 – 570	571 – 1400	> 1400
CO_2	< 2500	2500 – 4000	4001 – 10000	> 10000

Соотношение Роджерса использует 3 газовых коэффициента для анализа состояния трансформаторного масла: C_2H_2/C_2H_4 , CH_4/H_2 , C_2H_4/C_2H_6 [5].

Предельные значения этих соотношений представлены в таблице 2.

Таблица 2

Предельные соотношения газов в методе Роджерса

Повреждения силового трансформатора	Предельное соотношение газов		
	C_2H_2/C_2H_4	CH_4/H_2	C_2H_4/C_2H_6
Нормальное состояние	$< 0,1$	$0,1 - 1$	> 1
Частичные разряды	$0,1 - 3$	$< 0,1$	< 1
Термические дефекты при температуре менее $300^{\circ}C$	$< 0,1$	$0,1 - 1$	$0,1 - 3$
Термические дефекты при температуре от $300^{\circ}C$ до $700^{\circ}C$	$< 0,1$	$> 0,1$	$1 - 3$
Термические дефекты при температуре более $700^{\circ}C$	$< 0,1$	> 1	> 3

Таким образом, исследование растворенных газов способствует раннему выявлению неисправностей, что позволяет принять необходимые меры и избежать серьезных повреждений силового трансформатора.

Источники

1. Базуткин, В. В., Ларионов, В. П., Пинталь, Ю. С. Техника высоких напряжений: Изоляция и перенапряжения в электрических системах. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 464 с.
2. Шнайдер, Г. Я. Электрическая изоляция трансформаторов высокого напряжения. – М.: Знак, 2009. – 160 с.
3. СТО 56947007–29.180.010.094–2011. Методические указания по определению содержания газов, растворенных в трансформаторном масле.
4. IEEE C57.139. Guide for Dissolved Gas Analysis in Transformer Load Tap Changers.
5. Gataullin, A.M., Gubaev, D.F., Gataullina R.W. Software and hardware system of monitoring high-voltage electric equipment based on the analysis of partial discharge characteristics // International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (Sochi, 15–19 May 2023). – IEEE, 2023. – P. 121–131.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АПВ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ 220 КВ ПРИ НАЛИЧИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ ВЫСШИХ ГАРМОНИК

Бахмисов Д.Е.

ФГБОУ ВО «БрГУ», г. Братск, Россия

fr-air@yandex.ru

Науч. рук. доц. Яковкина Т.Н.

В работе проведено исследование функционирования автоматического повторного включения (АПВ) воздушных линий (ВЛ) 220 кВ при наличии в электрической сети высших гармоник. Анализ работы АПВ осуществлен на основании результатов измерений величин токов и напряжений, выполненных с помощью прибора «Ретометр МЗ», в цепях шкафа отбора напряжений при работе ВЛ в транзите, а также при постановке ВЛ под напряжение с противоположного конца.

Ключевые слова: высшие гармоники, гармонические составляющие, воздушная линия, автоматическое повторное включение, шкаф отбора напряжений.

В связи с ростом количества электрооборудования, имеющего нелинейные характеристики [1], в электрических сетях наблюдается существенное искажение синусоидальной формы питающего напряжения, что, в свою очередь, становится причиной нарушения нормальной работы устройств релейной защиты и автоматики (РЗА). Особое внимание следует обратить на функции автоматического повторного включения (АПВ) воздушных линий (ВЛ) в отношении селективной работы при наличии в сети высших гармонических составляющих (ВГС).

В настоящее время АПВ применяется для воздушных и смешанных кабельно–воздушных линий всех типов напряжением выше 1 кВ [2]. При реализации АПВ в некоторых случаях, например, для контроля синхронизма, необходимо знать действующее напряжение на линии. С этой целью может быть использован шкаф отбора напряжений ШОН [3].

В качестве примера для анализа работы РЗА при наличии в электрической сети ВГС были рассмотрены функции трехфазного АПВ (ТАПВ) выключателя 220 кВ с режимом «Контроль синхронизма». В рамках данного исследования с помощью прибора «Ретометр МЗ» [4] в разных режимах были сняты действующие (RMS), а также разложенные по гармоническим составляющим значения токов и напряжений (см. табл. 1 и рис. 1).

Таблица 1

Замеры величин вторичных токов и напряжений в ШОН при подаче напряжения на ВЛ со стороны противоположного конца

Вторичный ток, мА				Пок азания терминала (I _{отб}), мА	Нап ряжение в системе, кВ
Цепи синхронизации		Цепи АПВ			
Действ ующее значение (RMS)	1 гармоника (50Гц)	Действ ующее значение (RMS)	1 гармоника (50Гц)		
730	168	712	167	165	235

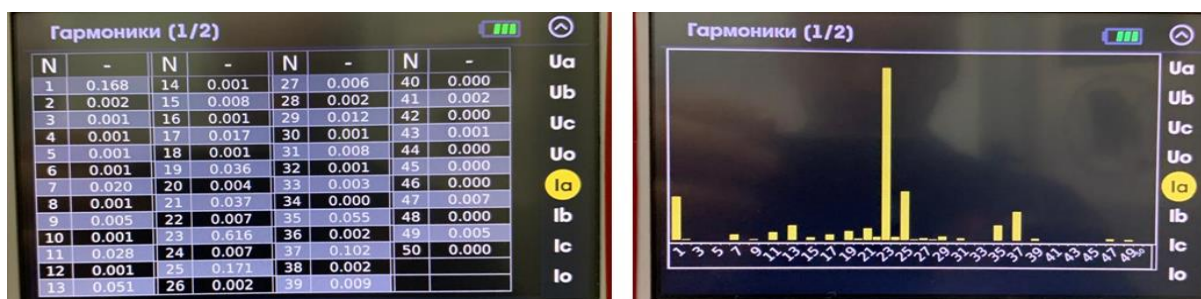


Рис. 1. Результаты измерения ВГС прибором Ретометр МЗ при подаче напряжения на ВЛ с противоположного конца

Анализ результатов измерений ВГС токов и напряжений при отключенном выключателе показал превышение значений токов 23-й гармоники в 3–5 раз по отношению к величинам токов основной частоты, а также наличие 25-й, 35-й, 37-й гармоник, что в итоге обуславливает превышение действующих токов в несколько раз.

В связи с наличием значительного превышения входной величины в устройстве РЗиА произведено опробование ТАПВ выключателя 220 кВ. Для анализа осциллограммы, снятой при опробовании ТАПВ ВЛ 220 кВ, использован программный комплекс «Transcor» [5] (см. рисунок 2).

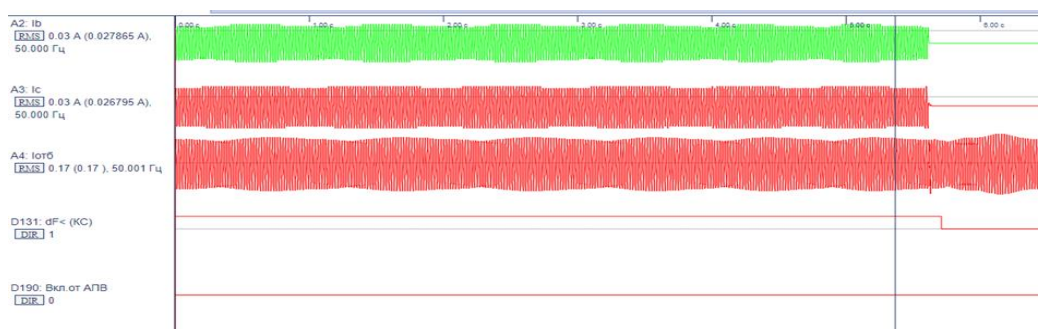


Рис. 2. Осциллограмма не успешной работы ТАПВ при наличии высших гармоник с параметром $df<(КС) = 0,1$ Гц

При опробовании ТАПВ выключателя 220 кВ выявлен отказ в работе функции ТАПВ, обусловленный заданным параметром $df<(КС)$, дающим разрешение для работы алгоритма ТАПВ.

В целях достижения корректной работы автоматики было произведено опробование ТАПВ при «загрублении» параметра $df<(КС)$ до 0,4 Гц (см. рисунок 3).

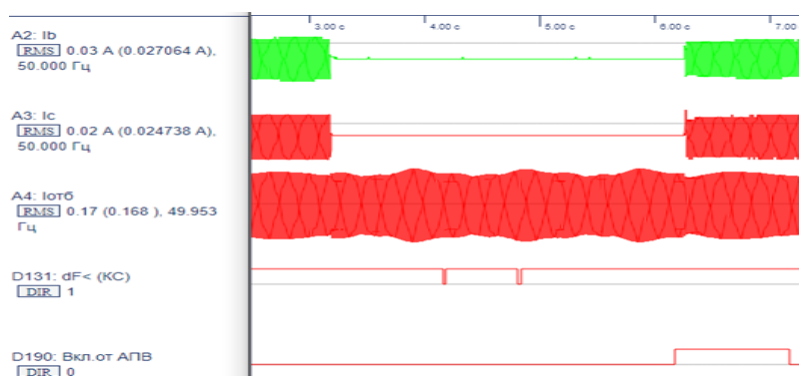


Рис. 3. Осциллограмма успешной работы ТАПВ при наличии высших гармоник с параметром $df<(КС) = 0,4$ Гц

Исходя из проведенных опробований, можно сделать вывод о необходимости смены уставки параметра частоты скольжения $df<(КС)$ для правильной работы АПВ.

Альтернативным решением данной проблемы является применение входных фильтров для устройств РЗА, которые «срезают» значения токов высших гармоник. Для терминалов защит часто применяются встроенные фильтры, которые не пропускают ВГС токов в каналы отбора ($I_{отб.}$) с частотой выше 1 кГц.

Источники

1. Смирнов С.С. Высшие гармоники в сетях высокого напряжения. Новосибирск: Изд-во Наука, 2010. – 327 с.

2. Правила устройства электроустановок. 7-е издание. –СПб.: Изд-во ДЕАН, 2019. – 464 с.
3. Схемы АПВ в электрических сетях: использование емкостного отбора напряжения: Практическое пособие / Сост. Е.Г. Дорохин, Т.Н. Дорохина; Под ред. Б.А. Алексеева. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002. – 80 с.
4. Руководство по эксплуатации «Вольтамперфазометры цифровые ретометр–МЗ» БРГА.411259.008РЭ, 2020. – 82с.
5. Руководство по эксплуатации «Регистратор электрических процессов цифровой парма рп4.11» ра1.004.011рэ, 2021. – 103с.

МЕТОДЫ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПОВРЕЖДЕНИЙ В КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЯХ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Бикбова З.М.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

bikbova_zarina@bk.ru

Науч. рук. доц. Гавриленко А.Н.

В статье рассматриваются современные методы локализации повреждений в кабельных линиях электропередачи. Проанализированы преимущества и недостатки двух методов, таких как импульсная рефлектометрия и метод колебательного разряда. Также уделяется внимание применению микропроцессорных устройств и цифровых технологий для повышения точности и скорости определения места повреждения.

Ключевые слова: кабельные линии электропередачи, повреждение, локализация, методы обнаружения, микропроцессорные устройства.

В современном мире надёжная и стабильная работа электроэнергетических систем является одним из ключевых факторов обеспечения безопасности и эффективности функционирования различных отраслей экономики. Кабельные линии электропередачи (КЛЭП) являются важным элементом таких систем, и их повреждения могут привести к серьёзным сбоям в электроснабжении [1].

Для предотвращения повреждений необходимо регулярно проводить техническое обслуживание электрооборудования, следить за его состоянием и своевременно устранять неисправности. Поэтому проблема локализации повреждений в КЛЭП является актуальной и требует разработки эффективных методов и средств диагностики и ремонта. Существуют различные методы локализации повреждений линиях электропередачи. Можно назвать такие: импульсный метод, импульсно–дуговой метод, метод колебательного разряда, петлевой метод, метод емкостного заряда, индукционный метод, акустический метод и другие [1, 2, 3].

В кабельных линиях определяют сначала зону повреждения, а затем уточняют место повреждения непосредственно на трассе. Ниже представлены и проанализированы два современных метода локализации повреждений в кабельных линиях электропередачи:

1) Импульсная рефлектометрия. Этот метод неразрушающего контроля кабельных линий электропередачи начал активно применяться в 1960–х годах. С тех пор метод постоянно совершенствовался, появлялись новые приборы и технологии, которые повышали точность и эффективность импульсной рефлектометрии. Сегодня этот метод является одним из основных инструментов для определения повреждений в кабельных линиях электропередачи. В основе метода лежит измерение времени прохождения импульса в линии от места посылки до места повреждения и обратно. Повреждения в линии вызывают отражение части импульса, что позволяет определить местоположение повреждения [2].

Данный метод позволяет быстро и точно находить повреждения в кабельных линиях без отключения, но имеет недостатки: невысокая точность при сложных случаях, например, если повреждение находится на участке с большим количеством неоднородностей или если кабель имеет сложную структуру; неоднозначность результатов; необходимость дорогостоящего оборудования; ограничения по длине кабеля, из-за которых метод может быть менее эффективным при работе с длинными кабелями, так как отражённые сигналы могут затухать или искажаться.

2) Метод колебательного разряда. Считается современным методом благодаря своей эффективности и точности при определении повреждений в кабельных линиях. Данный метод заключается в измерении периода свободных колебаний, возникающих в заряженной кабельной линии при пробое изоляции. Он применяется для определения расстояния до места повреждения в силовых кабелях при замыканиях с заплывающим пробоем. Для этого используется прибор типа ЭМКС–58М предназначенный для определения расстояния (от 40 м до 10 км) до места заплывающего пробоя в кабелях до 10 кВ или осциллограф С8–13 с длительным послесвечением, работающий в ждущем режиме. В этом случае осциллограф не подключается непосредственно к кабелю [2].

Импульсный метод позволяет быстро и точно определить расстояние до места повреждения типа заплывающего пробоя. С его помощью можно измерить расстояние по шкале микросекундомера или с помощью осциллографа, независимо от длины и типа кабеля линии. Среди недостатков — относительная погрешность измерений и негативное влияние на измерение неоднородности кабельной линии.

Применение микропроцессорных устройств и цифровых технологий для повышения точности и скорости определения места повреждения кабельной линии позволяет использовать сложные алгоритмы обработки

сигналов. Благодаря этому можно точно измерить расстояние до места повреждения, а также создать интеллектуальные системы управления активами. Они автоматически анализируют данные о работе кабельных линий и прогнозируют потенциальные проблемы.

Цифровые технологии способствуют созданию систем мониторинга состояния кабеля (SCADA). Эти системы собирают данные в реальном времени и анализируют их с помощью программного обеспечения. Это позволяет оперативно выявлять потенциальные проблемы и предотвращать повреждения. Беспроводные сенсорные сети, устанавливаемые на разных участках кабельной линии, передают информацию о состоянии кабеля на центральный узел. Программное обеспечение анализирует эти данные и определяет место повреждения.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что современные методы локализации повреждений позволяют повысить надёжность и безопасность работы электроэнергетических систем, сократить время простоя оборудования и снизить затраты на ремонт и обслуживание. Применение микропроцессорных устройств и цифровых технологий значительно повышает эффективность и точность методов локализации повреждений в кабельных линиях электропередачи.

Источники

1. Методы определения мест повреждения кабельной линии: учебно–методическое пособие [Электронный ресурс]/ сост. О.М. Холянова, Н.Г. Винаковская; Инженерная школа ДВФУ. –Электрон. дан. –Владивосток: Дальневост. федерал. ун–т, 2018. URL: https://www.dvfu.ru/upload/medialibrary/a82/Xolyanova_O.M.,_Vinakovskaya_N.G._Metody_opredeleniya.pdf (дата обращения: 22.10.2024).

2. Gataullin A.M., Gubaev D.F., Gataullina R.V. Software and hardware system of monitoring high–voltage electric equipment based on the analysis of partial discharge characteristics // Proceedings 2023 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM). – Sochi: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2023. – P. 171–176.

3. Писковацкий Ю.В. Локационное определение повреждений в кабельных и воздушных линиях электропередачи / Писковацкий Ю.В., Касимов В.А., Минкин А.С. // Тинчуринские чтения – 2020 "Энергетика и цифровая трансформация": Материалы Международной молодежной научной конференции. В 3–х томах, Казань, 28–29 апреля 2020 года / Под общей редакцией Э.Ю. Абдуллазянова. Том 1. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. – С. 84–87.

ОПТИМИЗАЦИЯ УСТАВОК В РЗА ДЛЯ ПЕЧНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Валюк А.С.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

anastasia.valyuk@mail.ru

Науч.рук. доц. Минкин А.С.

В данной статье описывается важность правильно подобранных уставок релейной защиты и автоматики для обеспечения безопасности работы печных трансформаторов в системе электроснабжения. Рассматриваются особенности уставок РЗА для печных трансформаторов с учетом технологических особенностей печи, а также практические рекомендации по их настройке.

Ключевые слова: печные трансформаторы, релейная защита и автоматика, электромеханическая база, микропроцессорная база, система электроснабжения, расчет уставок.

Печные трансформаторы играют важную роль в системе электроснабжения, обеспечивая необходимое напряжение для функционирования электропечей. Однако их особенность заключается не только в обеспечении нужного напряжения, но и в специфических характеристиках электроснабжения дуговых печей, таких как низкое напряжение электрической дуги при высокой мощности и силе тока. Печные трансформаторы применяются в металлургической и других отраслях промышленности. Их надежная работа напрямую влияет на эффективность производственных процессов. Выбор правильных уставок релейной защиты и автоматики является критически важным для обеспечения защиты оборудования от аварийных ситуаций и минимизации рисков.

Релейная защита и автоматизация (РЗА) — это система, обеспечивающая защиту электрического оборудования от различных аварийных режимов. Основные функции РЗА : защита от перегрузок; защита от коротких замыканий (КЗ); защита от перенапряжений. РЗА являются неотъемлемой частью системы электроснабжения, гарантируя надёжную и безопасную работу оборудования. Один из ключевых этапов проектирования системы РЗА — расчёт уставок. Этот процесс может осуществляться с использованием электромеханической или

микропроцессорной базы. Если используется электромеханическая база, уставки реле рассчитываются согласно нормативным документам. В случае применения микропроцессорной базы также применяется нормативная база, но есть некоторые особенности.

Печные трансформаторы имеют большое значение в производственных процессах разных отраслей промышленности. Однако, как и любое оборудование, они подвержены различным аварийным ситуациям, включая КЗ. Чтобы предотвратить негативные последствия, необходимо установить систему РЗиА с правильно подобранными уставками.

При проектировании и расчете уставок релейной защиты и автоматики для печных трансформаторов важно учитывать мощность и напряжение печи. Для печей мощностью до 1 МВт и напряжением до 6 кВ рекомендуется выбирать реле напряжения с уставками на уровне 80–90% от номинального напряжения, а для печей мощностью более 1 МВт и напряжением более 6 кВ – с уставками на уровне 90–95% от номинального напряжения. Однако, при выборе параметров релейной защиты и автоматики также необходимо учитывать технологические особенности печи, такие как наличие режима плавления металла, который может привести к значительному падению напряжения на печи, а также переходные режимы работы. Все это подчеркивает необходимость грамотного расчета уставок релейной защиты и автоматики с учетом конкретных условий эксплуатации печи.

При рассмотрении РЗиА печных трансформаторов на базе микропроцессорной элементной базы можно применить более совершенные и точные системы РЗиА [1]. Такие системы могут быть успешно применены в высоковольтных печах с мощностью до 5 МВт и напряжением до 35 кВ. Использование микроконтроллера позволяет улучшить надежность и снизить затраты на эксплуатацию системы РЗиА, поскольку она не требует использования большого количества отдельных устройств и элементов управления [2].

Среди основных и дополнительных видов РЗиА, необходимых для печных трансформаторов установок дуговых печей, выделяют: МТЗ без выдержки времени для защиты от КЗ, газовую защиту, защиту от однофазных замыканий на землю, защиту от перегрузок, защиту от повышения температуры масла и защиту от нарушения циркуляции масла и воды в системе охлаждения. Параметры защиты должны быть выбраны с учетом скорости подъема электродов при работе автоматического регулятора тока (мощности) в дуговой печи [3].

Помимо выбора типа релейной защиты, необходимо также учитывать специфические особенности технологического процесса печной установки. Например, при работе печи могут возникать высокие уровни шума, вибрации и температуры, которые могут повлиять на работу релейной защиты. Поэтому при проектировании релейной защиты печного трансформатора необходимо учитывать представленные выше факторы и предусмотреть соответствующие меры для защиты релейной защиты от неблагоприятных внешних воздействий.

На основе проведенного анализа особенностей проектирования систем РЗиА для печных трансформаторов, можно сделать вывод о необходимости правильного выбора параметров реле напряжения, учитывая мощность и напряжение печи, а также технологические особенности, включая режим плавления металла. Важно отметить, что выбор типа релейной защиты должен учитывать специфические особенности технологического процесса печной установки, чтобы обеспечить эффективную защиту от аварийных ситуаций. Правильный выбор уставок РЗиА для печных трансформаторов является ключевым фактором, обеспечивающим надежность и безопасность работы оборудования. Учет всех технологических особенностей и современных решений позволяет минимизировать риски аварийных ситуаций и повысить эффективность производственных процессов.

Источники

1. Сабилов, И. И. Автоматизированные системы контроля состояния силовых трансформаторов / И. И. Сабилов, А. Н. Гавриленко // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике : Материалы XVII Всероссийской открытой молодежной научно–практической конференции, Казань, 20–22 октября 2022 года / Редколлегия: А.Г. Арзамасова (отв. редактор). – Казань: ООО "Издательство Фолиант", 2022. – С. 315–317
2. Чернобровов Н.В., Семенов А.В. Релейная защита энергетических систем // М.: Энергоатомиздат. – 800 с.
3. Правила устройства электроустановок. ПУЭ. Издание 7. 2002.

АНАЛИЗ КЛАССИФИКАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ

Вафин С.С.

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

salimkhanvafin@mail.ru, 2s19gavr@gmail.com

Науч. рук. доц. Гаврилов В.А.

В работе анализируются существующие автоматизированные системы управления технологических процессов по сложности управления. Рассматриваются конкурентные преимущества каждого вида систем и определены объекты управления для каждой системы.

Ключевые слова: автоматизация, АСУ ТП.

В настоящее время уделяется достаточно большое количество внимания инженеров на производствах отладке различных технологических процессов, которые не требуют присутствия человека для их выполнения. Например – конвейерная лента, где непрерывно робот упаковывает товары для потребителей.

Во избежание останова данного монотонного, но важного технологического процесса необходимо прибегать к автоматизации таких технологических процессов. За счёт внедрения автоматизированных систем управления технологическим процессом (АСУ ТП) можно обеспечить бесперебойность и отлаженность любого производства в зависимости от сложности производимой продукции.

Прежде всего, стоит определить единственную задачу АСУ ТП: следование заданному алгоритму с целью обеспечения непрерывности производства. Важно отметить, что для обеспечения непрерывности технологического процесса необходимо использовать такие технические средства как устройства регистрации аварийных сигналов [1–2].

Выделим следующую классификацию АСУ ТП по сложности объектов управления для определения конкурентных преимуществ каждого класса АСУ ТП для того или иного технологического процесса (таблица 1).

Классификация АСУ ТП по сложности объектов управления

Класс АСУ ТП	Функциональные признаки	Типовые примеры объектов управления	Преимущества системы
1-0. Простейшие устройства, работающие на жёсткой логике.	Следование жёсткому алгоритму без права отклонения от нормального режима.	Станки	Простота алгоритма и «прямолинейность» синтаксиса.
1-1. Системы, работающие на «малой дискретизации» (до 20).	Контрольный замер, визуальная индикация, регулирование параметров.	Топки паровых котлов [3].	Работа строится на приёме–отдаче сигналов (цифровых) на микропроцессорное устройство с возможностью задания диапазонов параметров. Это позволяет отслеживать состояние оборудования и косвенные параметры. Недостаток один: при неисправности приборов, отправляющих сигналы, может происходить ложное срабатывание.
1-2. АСУ среднего масштаба (около 40).	То же, что и у 1-1., но при этом можно внедрять логические операции	Котельные	Встраивание взаимосвязанных между собой процессов.
1-3. АСУ с большим количеством устройств приёма–передачи (около 100).	То же, что для класса 1-2, и многоконтурное регулирование.	Секционные печи	Возможность установления гибкости технологического процесса.
1-4. Усложнённая за счёт наличия трёх уровней передачи информации АСУ (около 800).	То же, что для класса 1-3, и вычисление технико–экономических показателей	Энергоблоки	Возможность повышения энергоэффективности работы оборудования и энергетических установок.
1-5. АСУ, использующая данные, поступающие от смежных органов передачи информации.	То же, что для класса 1-4, и диспетчеризация при одноступенчатом уровне	Электролизные цеха производства серной кислоты.	Возможность автономной работы. Первые «задатки» SCADA.
1-6. АСУ, построенная на концепции SCADA.	То же, что для класса 1-5, но при двухступенчатом управлении	Доменные печи, обогатительные комбинаты.	Данный вид АСУ ТП позволяет строить системы SCADA, которые позволяют практически исключить человека из технологического процесса.

Анализируя данную таблицу, можно выделить то, что многие автоматизированные системы управления технологических процессов заточены под конкретные задачи. В некоторых случаях, нет необходимости усложнять АСУ ТП, это делается для того, чтобы обеспечить возможность

быстрого восстановления работоспособности такой системы. Это позволяет снизить ущерб производству во время останова.

Если говорить о мероприятиях, способствующих улучшению функционирования АСУ ТП, то стоит сказать, что на сложных производствах наиболее подходящей АСУ ТП можно считать систему SCADA, которая функционирует на серверах. Это решение распределяет входящую информацию по всем хранилищам сервера, что позволяет повысить автономность и надёжность функционирования системы. В случае выхода из строя одного хранилища (диска) функциональность системы утрачивается, но не полностью. Поэтому стоит резюмировать, что для обеспечения надёжности функционирования АСУ ТП крупных производств необходимо иметь два устройства обработки получаемой информации – основной сервер и резервный. Важно отметить, что системы SCADA могут не только принимать и обрабатывать данные, но и осуществлять расчёты экономической эффективности.

Источники

1. Алексеев, Г. В. Компьютерные технологии при проектировании и эксплуатации техноло–гического оборудования : учеб. пособие для вузов / Г. В. Алексеев, И. И. Бриденко, В. А. Головац–кий и др. – 3–е изд., испр. и доп. – СПб. : ГИОРД, 2012. – 252 с.
2. Схиртладзе, А. Г. Автоматизация технологических процессов и производств : учебник для вузов / А. Г. Схиртладзе, А. В. Федотов, В. Г. Хомченко. – М. : Высш. шк. ; Абрис, 2012. – 565 с.
3. Тарченков, В. Ф. Проектирование автоматизированных систем : конспект лекций / В. Ф. Тарченков ; Сиб. гос. технол. ун–т. – Красноярск, 2010. – 87 с.

ОБСЛЕДОВАНИЕ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ С ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

Воробьев Д.С., Гаврилов В.А.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

ledok.ne.holodok@gmail.com, 2s19gavr@gmail.com

В данном тезисе будут рассмотрены возможности применения автоматизированных систем для управления беспилотными летательными аппаратами при дистанционных обследованиях воздушных линий электропередачи и общая актуальность применения беспилотных летательных аппаратов (БпЛА) при осмотрах.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, обследование линий электропередачи, автоматизированные системы управления

Известно, что от состояния воздушной линии электропередачи, напрямую зависит и работоспособность электроэнергетической системы. Поэтому, обслуживающий персонал вынужден проводить обследования воздушной линии для выявления возможных повреждений и дефектов, возникающих при работе. Визуальный метод осмотр воздушной линии уже сегодня может проводиться с применением беспилотных летательных аппаратов, что позволяет значительно сократить, как время на осмотр участка воздушной линии, так и повысить его эффективность.

Беспилотный летательный аппарат — представляет собой воздушное судно без экипажа, находящегося непосредственно на его борту [1]. Беспилотные летательные аппараты могут обладать разной степенью автономности — от управляемых дистанционно до систем с полностью автоматизированным управлением без непосредственного участия человека, а также различаются по конструкции, назначению и другим параметрам. Управление беспилотным летательным аппаратом может осуществляться, как с эпизодической подачей команд от оператора, так и с непрерывной, в последнем случае БпЛА называют дистанционно–пилотируемым летательным аппаратом [2]. В зависимости от поставленной задачи, оператор беспилотного летательного аппарата может оснастить его различными типами оборудования, что позволит провести обследование и контроль за объектами энергетического хозяйства. Обследование

воздушных линий электропередачи, с помощью технических средств устанавливаемых на беспилотные летательные аппараты применимы для решения следующих ниже задач:

1. определения технического состояния опор воздушной линии, изоляторов, провода и иного оборудования используемого на воздушной линии, а так же выявления повреждений оборудования, полученного в ходе эксплуатации,
2. определения и локализации нарушений в охранных зонах, созданных вокруг линии электропередачи,
3. выявления нарушений установленных норм эксплуатации [4].

Конкретные, варианты применения БПЛА для дистанционных обследований воздушной линии электропередачи могут выглядеть так:

- Применение мультикоптерных БПЛА, в качестве средства комплексной диагностики на протяженности короткого участка воздушной линии (в случае же если обследуемый участок воздушной линии имеет длину более 10 километров, в силу серьезных ограничений по дальности полета и соответственно по времени, необходимо использовать беспилотные летательные аппараты самолетного типа);
- Применение БПЛА для решения собственных локальных задач инженерного и технического персонала ремонтной бригады, например: верховой осмотр воздушной линии на труднодоступных участках;
- Для выявления нарушений силами технического персонала на охранных зонах вокруг воздушной линии, обнаружения вандалов и фиксации противоправной деятельности против электроэнергетических объектов, для последующей передачи в органы внутренних дел [5].

Как было описано выше, применение беспилотных летательных аппаратов предполагает задействование оператора на длительный период, так же ручное управление БПЛА подразумевает под собой ошибки, связанные с человеческим фактором. При внедрении автоматизированных систем управления БПЛА риск ошибки оператора сводится к минимуму. Поэтому, эффективность работы беспилотного летательного аппарата напрямую зависит от его системы автоматизированного управления.

Сегодня в мире ведется множество различных разработок систем для автоматического управления беспилотными летательными аппаратами. Такие автоматизированные системы – в основной массе нацелены на автоматический полет по конкретно заданному оператором маршруту и на стабилизацию БПЛА, где под стабилизацией в пространстве подразумевается управление положением БПЛА относительно пространственных углов крена, а так же рысканья на маршруте.

Автоматизированные беспилотные летательные аппараты, оказывающиеся под влиянием излучаемых электромагнитных полей воздушной линии электропередачи могут получить сбой в работе электронных систем управления из-за нарушения помехоустойчивости элементов [6].

Применение беспилотных летательных аппаратов с автоматизированной системой управления при обследовании воздушной линии позволит получить следующие преимущества перед БПЛА управляемыми дистанционно:

- 1) значительное сокращение трудозатрат оператора БПЛА из числа технического персонала ремонтной бригады при проведении осмотра,
- 2) отсутствие необходимости привлечения квалифицированного оператора беспилотного летательного аппарата с сотнями часов налета для проведения обследования воздушной линии,
- 3) отсутствие риска человеческой ошибки при пилотировании, которая могла привести к риску повреждения или потере дорогостоящего оборудования.

Источники

1. Свищев Г.П. Авиация: Энциклопедия // Большая Российская энциклопедия – 1994. – 108 с.
2. Слюсар В.А. Радиолинии связи с БПЛА: примеры реализации. // Электроника: наука, технология, бизнес. – 2010. – № 5. С. 56 – 60.
3. Косова А.Е., Корилов А.М. Применение видеокамер на борту беспилотных летательных аппаратов для задач автоматического определения координат БПЛА // Электронные средства и системы управления: материалы XII Международной научно-практической конференции. – Томск, – 2016. – С. 32–34.
4. Валиев А.В. Опыт применения беспилотного летательного аппарата «Ptero E» для поиска мест аварии на воздушной линии электропередачи // Кабель. – № 11. С. 20–21.
5. Беляев П. В., Головский А. П., Садаев Д. С. Перспективы применения беспилотных летательных аппаратов при контроле и диагностике объектов энергетики // Динамика систем, механизмов и машин. – 2019. – Т. 7, № 2. – С. 231–237.
6. Богословский С.В., Дорофеев А.Д. Динамика полета летающих аппаратов // Учебное пособие. – Санкт-Петербург. – 2002.

МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА ТРАНСФОРМАТОРА

Газизов И.В.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

fenex441@mail.ru

Науч. рук. доц. Минкин А.С.

Рассматривается переход с электромеханической на микропроцессорную РЗА трансформатора. Описываются проблемы, возникающие при этом переходе.

Ключевые слова: Микропроцессорные устройства, цифровые реле, надежность, быстродействие, трансформатор, реконструкция.

Микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматики (РЗА), так называемые цифровые реле (ЦР) или релейные терминалы стали решать ряд проблемных вопросов, возникающих при эксплуатации электромеханической компоновки. С переходом на микропроцессорные устройства не появилось каких-либо новых схем построения релейных защит, но были созданы функции, которые могут вести непрерывный контроль, фиксацию и выполнять самодиагностику. Появилась возможность выполнения гораздо более сложных и совершенных алгоритмов защиты и управления электроэнергетического объекта, простота в процессе наладки, настройки и эксплуатации. Но отказаться полностью от электромеханических реле пока невозможно и не разумно, так как на практике микропроцессорные устройства оказались не безупречными.

Рассмотрим плюсы и минусы цифровых реле.

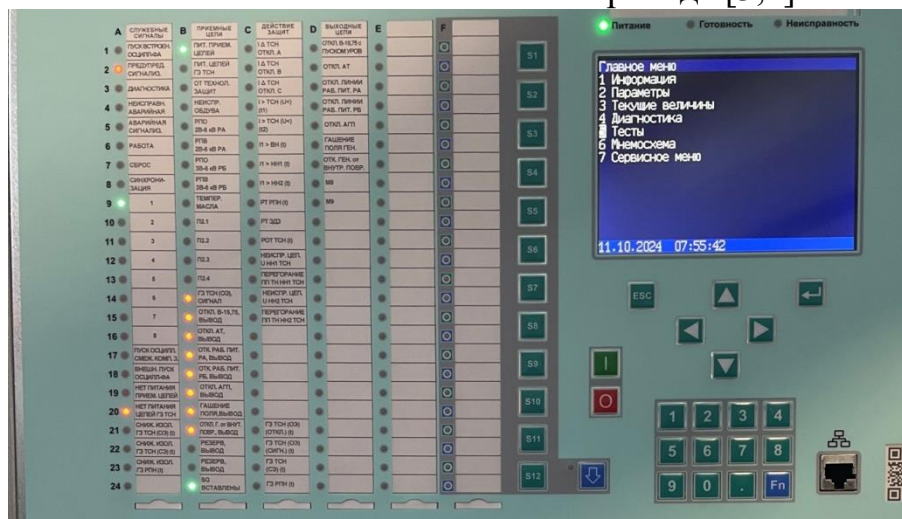
Переход на цифровые реле обосновывается следующими техническими и экономическими достоинствами [1, 2]:

1. Многозадачность ЦР. При малом размере одно ЦР заменяет от 10 до 20 электромеханических реле, и несколько измерительных устройств, которые в свою очередь выполняют те же самые функции (см. рисунок).

2. Постоянный контроль, самодиагностика и высокая техническая надежность. При использовании ЦР значительно снизились отказы защиты при повреждениях и ненормальных режимах, что в свою очередь ведет к уменьшению ущерба от недоотпуска электроэнергии.

3. Высокое быстродействие защиты. При использовании ЦР существенно уменьшаются ступени селективности, что позволяет применять провода линий или кабелей меньшего сечения при выборе их по условию термической стойкости.

Учитывая достоинства, изучена ситуация, связанная с переходом на микропроцессорные устройства защиты и высказаны мнения, которые позволяют усомниться в обоснованности такого перехода [3,4].



Микропроцессорный терминал (ЦР)

Посмотрим на ситуацию с электромеханическими реле, которая была в 70–80-х годах. В то время, когда шагами развивающихся полупроводниковых технологий, многие думали, что время электромеханических реле подошло к концу. Фирмы, которые выпускали такие реле, в стали переоснащаться под выпуск полупроводниковых устройств релейной защиты или уходили с рынка. Сегодня пришли к пониманию, что полупроводниковые реле займут только частично, а отказаться полностью от электромеханических реле невозможно, ну например, на подстанциях и распределительных пунктах, не имеющих постоянного тока.

Всем хотелось избавиться от частого и периодического обслуживания изношенных электромеханических реле [5].

По разным причинам, которые зависят от фирм–производителей ЦР, уже в момент проектирования или реконструкции электроустановок, а затем и в эксплуатации, появляются недостатки микропроцессорных реле [3,4].

Например, обнаружился ряд некоторых проблем, которые пришлось решать электротехническому персоналу филиала АО «Татэнерго» Заинская ГРЭС (г. Заинск) при внедрении микропроцессорной защиты:

- плата в терминале перегревалась и выходила из строя. Несколько раз отказывали защиты ТСН25 со стороны низкого напряжения. В момент включения терминала неисправность отсутствовала;

- по характеристикам цифровые реле – реле со свободной логикой, а чтобы поменять логику нужна программа, которой фирма неохотно делится.

Необходимость изменения логики реле возникала в процессе наладки цепей сигнализации, положения выключателя 15,75 кВ.

На основании опыта в момент наладки микропроцессорных устройств релейной защиты можно сделать следующие выводы:

1. Когда заключается договор на закупку терминалов нужно учесть, что платы выполнены, как правило, на микроэлементах и практически неремонтопригодны. Поэтому нужно предусмотреть, как будет происходить замена вышедших из строя плат и их стоимость.

2. Когда выбирается микропроцессорное устройство того или иного типа нельзя относиться к нему, как к блоку с параметрами и характеристиками, указанными фирмой–производителем. При этом надо учесть элементную базу, на которой построены входные и выходные цепи. Кроме того, нужно обратить внимание на наличие и правильный выбор элементов для защиты от перенапряжений входных цепей [5] и т. п.

3. Для надежности работы микропроцессорных реле необходимо принять ряд мер по обеспечению их бесперебойным питанием и защите питающих сетей от перенапряжений и высокочастотных помех. Соблюдение температурных режимов.

4. Очень важно проверить качества цепей заземления. Нужно отделить заземление микропроцессорных реле и других высокочувствительных электронных систем от контура заземления силового оборудования станций и подстанций, поскольку в контуре заземления при грозовых перенапряжениях и замыканиях на землю часто возникает высокий потенциал [6].

5. Учитывая, что микропроцессорные устройства защиты многофункциональны и похожи на компьютер, следует заранее задуматься о приобретении портативного компьютера (ноутбука) и обучить персонал взаимодействию с терминалами.

Источники

1. Рахматуллин С.С., Минкин А.С. Актуальные аспекты использования цифровых решений в сфере телеуправления на современных подстанциях. В сборнике: Наука XXI века: технологии, управление, безопасность. Материалы III Национальной научной конференции. Курган.– 2024.– С. 316–321.
2. Сабиров И.И., Гавриленко А.Н. Автоматизированные системы контроля состояния силовых трансформаторов/ Диспетчеризация и управление в электроэнергетике. Материалы XVII Всероссийской открытой молодежной научно–практической конференции.– Казань.– 2022. – С. 315–317
3. Минуллин Р.Г., Касимов В.А., Ахметова И.Г., Минкин А.С. Технология контроля состояния воздушных линий/ Проблемы и перспективы развития энергетики, электротехники и энергоэффективности. Материалы VII Международной научно–технической конференции. Чебоксары.–2023.– С. 34–42.
4. Губаев Д.Ф., Губаева О.Г. Феррорезонансные явления в распределительных устройствах 220–500 кВ / Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники. материалы Всероссийской научно–практической конференции. –2019. –С. 20–25.
5. Романюк Ф.А., Королев С.П., Ломан М.С. Микропроцессорная защита силовых понижающих трансформаторов./ Энергетика. Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ.– 2011.– (5).–С. 5–10
6. Сычев А. В., Евминов Л. И., Курганов В. В., Гуминский А. Н. К вопросу о проектировании и эксплуатации микропроцессорных устройств релейной защиты. // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. – 2009. № 4 (39). – С. 73–79

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИЭ НА ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ЗАЩИТ ЛЭП

Гайфиева Л. Ф.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

lasana01@mail.ru,

Науч. рук. доц. Мустафин Р.Г.

Данная работа рассматривает влияние возобновляемых источников энергии на функционирование релейной защиты в энергосистеме России. Подчеркиваются проблемы снижения чувствительности релейной защиты при коротких замыканиях. В работе рассмотрены особенности работы основных защит на ЛЭП, отходящих от СЭС и ВЭС.

Ключевые слова: Возобновляемые источники энергии, РЗА.

В настоящее время в энергосистеме России ежегодно увеличивается доля объектов генерации на основе возобновляемых источников энергии. Согласно данным ассоциации развития возобновляемой энергии, в I квартале 2024 гола увеличение совокупного объема установленной мощности на основе ВИЭ–генерации в России составило 35,4 МВт. На конец I квартала 2024 года в соответствии с договором о предоставлении мощности было введено в эксплуатацию: 70 солнечных электростанций (СЭС), 26 ветряных электростанций (ВЭС), 7 малых ГЭС (мГЭС) [1].

Большинство ВЭС и СЭС подключаются к сети с помощью полупроводниковых инверторных преобразователей. Инвертор представляет из себя устройство, преобразующее постоянный ток в переменный с постоянным или регулируемым напряжением и частоты на выходе. Также устройство характерно неизменностью величины тока на его выходе при изменении величины внешнего сопротивления в широком диапазоне. Поскольку инвертор имеет большое внутреннее сопротивление по сравнению с внешней сетью, для внешней сети инверторные преобразователи будут являться источниками тока [2].

Функционирование релейной защиты ЛЭП построено на предположении, что питание места повреждения, короткого замыкания (КЗ) происходит от источника с малым внутренним сопротивлением. В то же время, инверторные преобразователи, имеющие большое внутреннее сопротивление, уменьшают ток подпитки КЗ, которое снижает

чувствительность или способствует полному отказу в срабатывании РЗ. Соответственно, внедрение генерации от СЭС и ВЭС требует разработку мероприятий по увеличению чувствительности релейной защиты. Далее будут рассмотрены особенности работы основных защит на ЛЭП, отходящих от СЭС/ВЭС [3].

Дифференциально–фазная защита ЛЭП – это основная защита с абсолютной селективностью, принцип которого обусловлен сравнением фаз токов по обоим концам защищаемого участка, получаемых от комбинированных фильтров токов $I_1 + kI_2$, то есть оба полукомплекта сравнивают фазу суммы токов прямой и обратной последовательности. Рассмотрим КЗ внутри зоны защиты и применения ДФЗ в качестве основной защиты ЛЭП, отходящей от генерации ВИЭ. При этом разность фаз токов $I_1 + kI_2$ от ВИЭ (с одной стороны ЛЭП) и обычного сетевого источника (с другой стороны ЛЭП), может оказаться неправильной, поскольку реакция системы управления инвертором ВИЭ на КЗ существенно отличается от реакции обычного сетевого источника, и это может привести к отказу или ложному срабатыванию защиты. Поэтому применение ДФЗ на ЛЭП, отходящих от СЭС или ВЭС в настоящее время нежелательно [4].

Дифференциальная защита линии так же является основной защитой с абсолютной селективностью. Основным принцип работы указанной защиты заключается в пофазном сравнении значений векторов токов, проходящих через каждый полукомплект, установленный в начале и в конце защищаемого участка. Отстройка защиты от возможного возникновения небалансов при внешних коротких замыканиях осуществляется за счет применения торможения с возможностью выбора способа задания формирования тормозной величины. В случае внешнего КЗ пофазное сложение векторов обоих полукомплектов приблизительно будет равно нулю [5].

При внутреннем КЗ значение тока подпитки со стороны ВЭС/СЭС будет больше рабочего, но не более 1–1,5 номинального тока. А со стороны систем ток КЗ будет существенно выше рабочего тока, в результате чего, на полукомплектах подастся команда на отключение выключателей по обеим сторонам. Следовательно, можно сделать вывод о том, что маленькая величина тока подпитки не влияет на работу ДЗЛ. Правильная работа ДЗЛ будет осуществляться при условии работы генерации с инверторным преобразователем на систему с маленьким эквивалентным сопротивлением. Следовательно, ДЗЛ может быть применена в качестве основной защиты ЛЭП, отходящей от СЭС/ ВЭС.

Источники

1. Ассоциация развития возобновляемой энергетики. Ежеквартальный информационный обзор рынка ВИЭ в России. I квартал 2024. URL: https://rreda.ru/upload/iblock/e1b/d9q77lomfh3b5fpnwzhuuou42frdw57i/202405_RREDA_quarterly_report_q_1_2024.pdf (дата обращения: 30.10.2024).
2. Андреев М. В., Суворов А. А., Аскаров А. Б., Киевец А. В., Рудник В. Е. Исследование влияния возобновляемых источников энергии на функционирование релейной защиты. Вестник ЮУрГУ. Серия: Энергетика. 2019. №4.
3. Ефремов В. А., Ефремов А. В., Таныгин С. А., Смирнов С. Ю. Применение устройств РЗА линий электропередачи, отходящих от возобновляемых источников энергии. Релейщик: 2024. №1. М., Издательский дом «Вся электротехника», 2024. С. 33–37.
4. Шкаф дифференциально–фазной защиты линии с комплектом ступенчатых защит и устройства однофазного автоматического повторного включения типа ШЭ2710 582 Руководство по эксплуатации ЭКРА.656453.882РЭ. URL: <https://clck.ru/3Ea9Qv> (дата обращения: 30.10.2024).
5. Шкаф дифференциальной защиты линии типа ШЭ2607 094. Руководство по эксплуатации ЭКРА.656453.1052 РЭ. URL: <https://clck.ru/3Ea9Ts> (дата обращения: 30.10.2024).

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК В ЭНЕРГОСИСТЕМАХ И ПУТИ ИХ РАЗВИТИЯ

Генатулин Р. Р.

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

rinely39@gmail.com

Науч. рук. доц. Минкин А. С.

Компрессоры являются важным компонентом генерации электроэнергии. В данной статье представлен краткий обзор компрессорных установок в сфере энергетической промышленности. Также приведен краткий обзор существующих систем противоаварийной защитной автоматики (ПАЗ), опыт их эксплуатации, и предложения по их доработке.

Ключевые слова: Компрессорные установки, ПАЗ, контроллер, ПЛК.

Компрессорные установки представляют собой устройства для сжатия, перемещения, аккумуляирования, удаления и создания потока газов в промышленности. Компрессорная техника применяется в нефтяной, химической, газовой, машиностроительной и энергетической промышленности. Также она применяется в транспорте, металлургии, геологии, геодезии, агропромышленном комплексе, космонавтике, робототехнике и др.

По данным на 2012 г. в РФ и странах СНГ эксплуатировалось более 500 тысяч промышленных компрессоров, которые вместе с вентиляторами и насосами потребляли более 20% вырабатываемой электроэнергии [1]. В связи с этим основными направлениями разработки компрессоров является повышение технического уровня компрессоров, их эффективности и надежности.

В энергетике компрессоры используют как компоненты технологических машин для нагнетания топливных газов, удаление серы из топочных газов, подачи воздуха при продувке сажи, для подачи технологического воздуха, в качестве воздушных компрессоров пневмораспыла для газовых турбин.

После переориентации значительной части централизованного тепло- и энергопроизводства на использование природного газа полным ходом идет внедрение газотурбинных технологий на тепловых станциях и

котельных. Компрессор на таких установках обеспечивает нужный для технологического процесса уровень давления воздуха и поэтому является неотъемлемой частью газотурбинной и комбинированных (н-р: ГПУ, ПГУ) установок [2]. Схема ГТУ показана на рисунке.

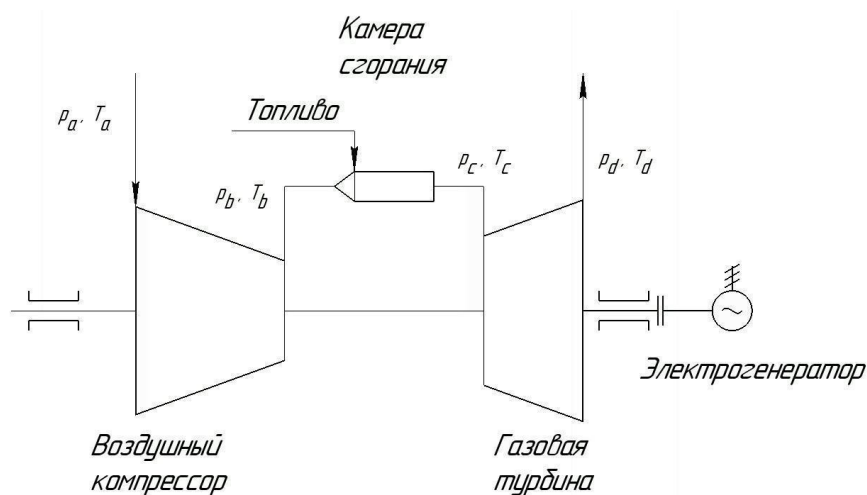


Схема ГТУ

Из этого следует, что выход компрессора на таких установках из строя приведет к нарушению технологического процесса и, как следствие, остановке работы газотурбинных и комбинированных установок. Что может привести к множеству аварийных ситуаций вплоть до лавины частоты с последующим катастрофическим уроном к ЭЭС.

Современные компрессоры используют систему противоаварийной защитной автоматики – ПАЗ – аппаратно программный комплекс, который используется в критических приложениях для перевода системы в безопасное состояние.

Стандартными решениями в компрессоростроении является применение программируемых логических контроллеров (ПЛК). Оно представляет собой микропроцессорное устройство, с помощью которого осуществляется автоматическое управление различными устройствами. ПЛК используют для автоматизации технологических процессов. Принцип действия всех ПЛК одинаков — сбор и обработка данных от различных датчиков и выдача управляющих воздействий на исполнительные механизмы.

В контролируемые ПЛК процессы входят:

- Контроль давления воздуха на выходе из компрессора посредством датчиков давления расположенных на выходе из компрессора и внутри системы;

- Регулирование скорости вращения двигателя в компрессоре для поддержания необходимого давления и производительности;
- Контроль температуры внутри компрессора и его остановка в случае достижения воздушно–масляной смеси внутри полости сжатия критической температуры;
- Контроль вибрации посредством регулировки скорости вращения ротора;
- Контроль потребления компрессором энергии для оптимизации процесса производства электроэнергии.

На современных компрессорах применяются как иностранные, так и набирающие популярность ввиду введенных санкций отечественные системы ПАЗ и ПЛК. Существует множество исполнений ПЛК подбираемых под конкретный компрессор в зависимости от своих характеристик [3–6].

Таблица сравнения характеристик и функционала ПЛК

Параметр	SIMATIC S7–400	ОВЕН ПЛК 210	TREI–5B	Regul R500
Центральный процессор	280 МГц	до 1800 МГц	—	—
Количество дискретных входов	от 4 до 32	1	32	от 8 до 16
Объем оперативной памяти	144 Кб	2 Гб	—	—
Объем энергонезависимой памяти	512 Кб – 64 Мб	8 Гб	—	до 3 Гб
Напряжение питания	100–200 В 24 В	10...36 В	24 В	85...264 В AC/120...370 DC, 18...36 В DC
Время выполнения цикла, мкс	2800...9500 (в зависимости от исполнения)	3000	10000 (максимально е)	1000/10000 в резервированном варианте
Поддерживаемый интерфейс	RS–232/422, USB	Ethernet 100 Base–T	RS–485/232/422, Ethernet	Ethernet
Рабочая температура	от 0 до +60°C	от –20 до +55°C	от 0 до +60°C	от –40 до +60°C

Как видно из данного сравнения, по многим характеристикам современные отечественные системы ПЛК не уступают и даже превосходят передовое импортное решение. Однако некоторые параметры требуют доработки, в частности программное обеспечение и количество дискретных входов. При должном совершенствовании систем ПЛК ЕЭС РФ может в будущем полностью отказаться от импортных систем автоматики.

Источники

1. Хисамеев И.Г., Максимов В.А., Баткис Г.С., Гузельбаев Я.З. Проектирование и эксплуатация промышленных центробежных компрессоров. Учебное пособие. Изд. 2-ое, испр. И дополн. — Казань: Изд-во «ФЭН».– 2012.
2. Гузельбаев Я.З., Хисамеев И.Г. Технологические процессы с центробежными компрессорами. — Казань: Изд-во «ФЭН», 2014.
3. S7-400 Система автоматизации S7-400, Данные CPU. Руководство. [Электронный ресурс]. https://www.siemens-ru.com/doc/S7-400_CPU_data.pdf?ysclid=m2tsklii7y780176015 (Дата обращения: 20.10.24)
4. ПЛК 210 высокопроизводительный программируемый контроллер с расширенными сетевыми возможностями [Электронный ресурс]. <https://owen.ru/product/plk210> (Дата обращения: 20.10.24).
5. Руководство по эксплуатации TREI.421457.001-06 РЭ [Электронный ресурс]. https://trei.biz/pdf/products-and-services/controllers/trei-5b-05/TREI-5B-05_Standard_User_Manual_v1.18.pdf (Дата обращения: 20.10.24) .
6. ПЛК REGUL L500. [Электронный ресурс]. https://reglab.ru/controller/regul_r500?ysclid=m2tt3xt4ob873231427 (Дата обращения: 20.10.24).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТОЯНИЯ ЛЭП НА СИГНАЛЫ ЛОКАЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

Гранская А.А., Касимов В.А.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
Annamiss35@gmail.com
Науч. рук. проф. Минуллин Р.Г.

В работе описан эффект влияния изменения состояния линии электропередачи на отраженные сигналы локационного зондирования и их спектральный состав.

Ключевые слова: воздушные линии электропередачи, ВЧ тракт, переключения, PSCAD, локационный метод, отраженный сигнал, спектр.

Локационный метод основан на подаче импульсного сигнала в линию и определении суммарного времени, затраченного на его распространение вдоль провода в прямом и обратном направлениях после отражения от конца линии, ВЧ заградителя или любой другой неоднородности [1].

Для исследования влияния включения и отключения ЛЭП на отраженные сигналы локационного зондирования и их спектральный состав в программной среде PSCAD была разработана имитационная модель высокочастотного (ВЧ) тракта действующей ЛЭП 110 кВ, соединяющей подстанции «Кутлу Букаш» (ПС1) и «Рыбная Слобода» (ПС2). Схематичное изображение модели представлено на рис. 1. Основные компоненты, использованные при моделировании ВЧ тракта: линия электропередачи, ВЧ заградители, конденсаторы связи, фильтры присоединения, локатор.

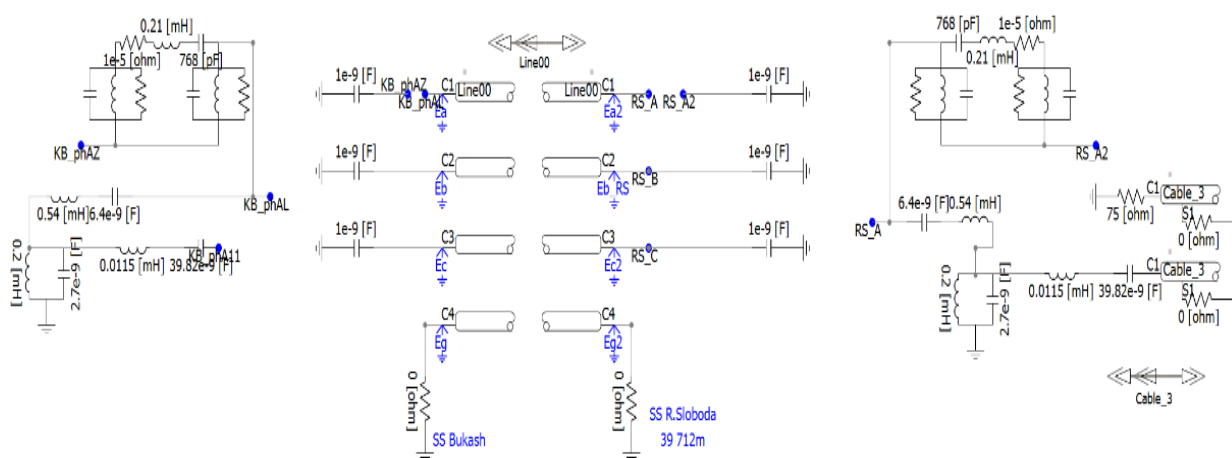


Рис. 1. Модель ВЧ тракта ЛЭП в программной среде PSCAD

Наиболее частые изменения конфигурации ВЧ-тракта обусловлены операциями включения (отключения) ЛЭП высоковольтными выключателями, при этом ВЧ заградитель подключается (отключается) к шинам подстанции (ПС) и размыкаются (замыкаются) заземляющие ножи (ЗН). Поэтому для анализа были смоделированы пять состояний ЛЭП:

- Состояние № 1 – ЛЭП включена – на ПС1 и ПС2 выключатели замкнуты, ЗН разомкнуты (рис. 2, а);
- Состояние № 2 – ЛЭП отключена – на ПС1 выключатель замкнут, ЗН разомкнут; на ПС2 выключатель и ЗН разомкнуты (рис. 2, б);
- Состояние № 3 – ЛЭП отключена – на ПС1 выключатель и ЗН разомкнуты; на ПС2 выключатель замкнут, ЗН разомкнут (рис. 2, в);
- Состояние № 4 – ЛЭП отключена – на ПС1 и ПС2 выключатели и ЗН разомкнуты (рис. 2, г);
- Состояние № 5 – ЛЭП отключена – на ПС1 и ПС2 выключатели разомкнуты, ЗН замкнуты (рис. 2, д).

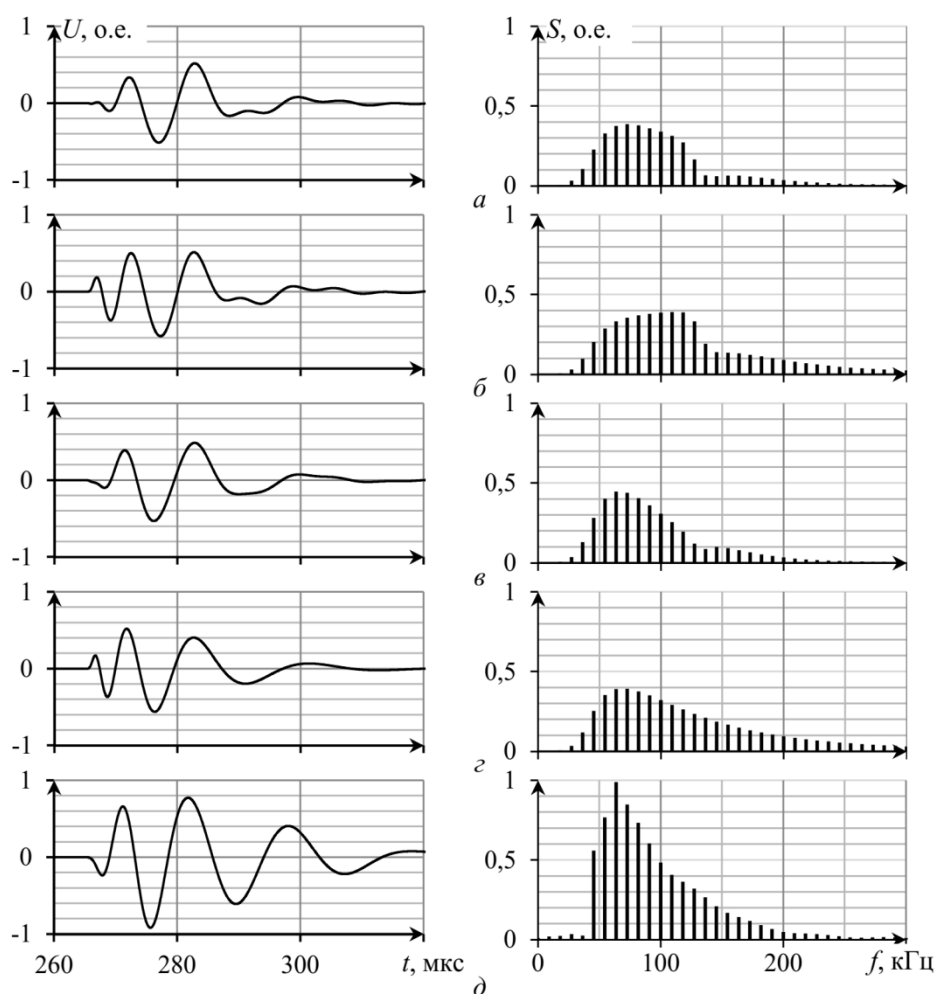


Рис. 2. Отраженные сигналы (левая колонка) и их спектры (правая колонка) рефлектограмм при различных состояниях ЛЭП (описание в тексте)

Проанализировав графики можно сделать следующие основные выводы:

- времена прихода отраженных сигналов совпадают и соответствуют длине моделируемой линии;
- для отключенных состояний ЛЭП № 2–5 мощность отраженного сигнала увеличивается относительно включенного состояния № 1, максимальная мощность сигнала наблюдается при замыкании ЗН;
- все спектральные составляющие отраженных сигналов изменяются, форма спектров сигналов не сохраняется;
- замыкание выключателя на ПС1 приводит к появлению колебательного процесса «звона» с частотой приблизительно 120 кГц в окончании отраженного сигнала (рис. 2 а, б);
- замыкание ЗН (рис. 2, д) также приводит к появлению «звона», более мощного и на более низких частотах – примерно на 60 кГц;
- полярность первого отклика изменяется на положительную при размыкании выключателя и ЗН на ПС2 (состояния № 2 и 4, рис. 2, б и г).

Также были проанализированы изменения числовых параметров (затухания и запаздывания) отраженных сигналов по сравнению с эталоном (Таблица 1), при переключениях ЛЭП затухание сигналов меняется от –5,72 до –0,48 дБ, а запаздывание меняется от –1,05 до 0,2 мкс.

Таблица 1

Затухание и запаздывание отраженных сигналов при переключениях ЛЭП

Состояние ЛЭП Параметр сигнала	№ 1 (эталон)	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
Затухание, дБ	0	– 1,08	– 0,48	– 0,83	– 5,72
Запаздывание, мкс	0	+ 0,2	– 0,45	– 0,3	– 1,05

В результате выполненных работ было установлено, что изменение состояния ЛЭП приводит к искажению отраженного локационного сигнала и его спектрального состава. В связи с этим измеряемые параметры отраженного сигнала (затухание и запаздывание) могут скачкообразно изменяться, что может приводить к ложному срабатыванию сигнализации гололедообразования. Для учета выявленного негативного влияния переключений ЛЭП на обнаружение гололедообразования могут быть использованы следующие подходы:

- передача информации о текущем состоянии ЛЭП из диспетчерской информационной системы в систему локационного зондирования для использования разных эталонных рефлектограмм для каждого состояния ЛЭП.

– использование цифровой модели ВЧ–тракта ЛЭП в составе локационной системы для автоматического определения смены состояния ЛЭП и коррекции эталонной рефлектограммы.

Источники

1. Минуллин Р.Г., Ахметова И.Г., Касимов В.А., Пиунов А.А. Локационный мониторинг с определением места повреждения и текущей работоспособности воздушных линий электропередачи. Часть 1 // Электрические станции. 2022. №. 11. С. 30–38.

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА ТРАНСФОРМАТОРА

Долгов В. А., Наумов О. В.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
yagraze@mail.ru

В современном энергетическом комплексе надежность и безопасность работы трансформаторов играют ключевую роль. Релейная защита трансформатора является одной из важнейших систем обеспечения защиты этого оборудования от возможных аварийных ситуаций. В данной статье мы рассмотрим основные способы защиты трансформаторов.

Ключевые слова: релейная защита, трансформатор, защита.

К повреждениям трансформаторов относятся факторы, такие как:

- короткие замыкания между фазами на выводах и в обмотках (первые возникают гораздо чаще, чем вторые);
- однофазные короткие замыкания на землю или между витками обмотки;
- а также возгорание сердечника.

Эти ситуации могут возникать из-за ненормальных режимов работы, например, из-за перегрузок, вызванных отключением одного из параллельно работающих трансформаторов. Хотя токи перегрузки обычно небольшие, иногда допускается некоторая перегрузка в течение определенного времени, учитывая соотношение тока перегрузки к номинальному значению [1].

Трансформаторы малой мощности на тупиковых подстанциях до 750 кВ*А при напряжении 10 кВ и до 3200 кВ*А при напряжении 35 кВ, а также цеховые трансформаторы обычно переключаются выключателями нагрузки ВНП. Возникновение токов при воздействии внешних кратковременных замыканий представляет опасность главным образом из-за их теплового воздействия на обмотки трансформатора, так как эти токи могут значительно превышать номинальные значения. Продолжительное протекание тока внешнего кратковременного замыкания может возникнуть в случае неисправности на отходящем от трансформатора соединении, не отключившемся; нежелательное понижение уровня масла, вызванное существенным снижением температуры и другими факторами [2].

Для защиты от внутренних коротких замыканий трансформаторов

можно использовать предохранители, такие как тип ПК (см. рисунок 1). Номинальный ток плавкой вставки $I_{\text{вс,ном}}$ подбирается согласно тем же критериям, что и для линий [3].

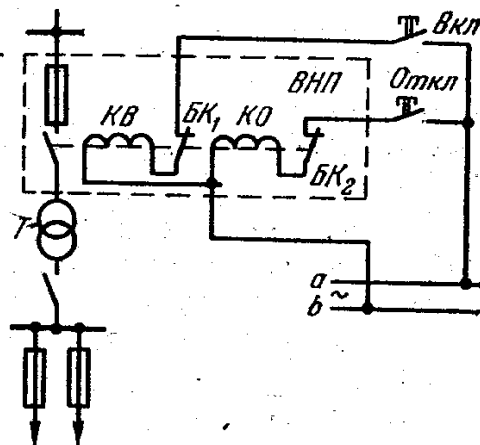


Рис. 1. Защита трансформатора малой мощности с помощью предохранителей.

Установленное газовое реле в трубе, соединяющей бак трансформатора с расширителем, выполняет роль газовой защиты. С внутренней стороны кожуха реле находятся два поплавка с ртутными контактами, замыкающиеся при смене положения. Поплавки сидят на стоячей стойке, первый в верхней части, а второй в середине. Сигнальные контакты верхнего поплавка и основные контакты нижнего поплавка являются ключевыми элементами газового реле. Если газ собирается в верхней части кожуха, этот же поплавок опускается и замыкает контакты. При бурном газообразовании потоки масла протекают в расширитель, что приводит к замыканию контактов двух поплавков [4].

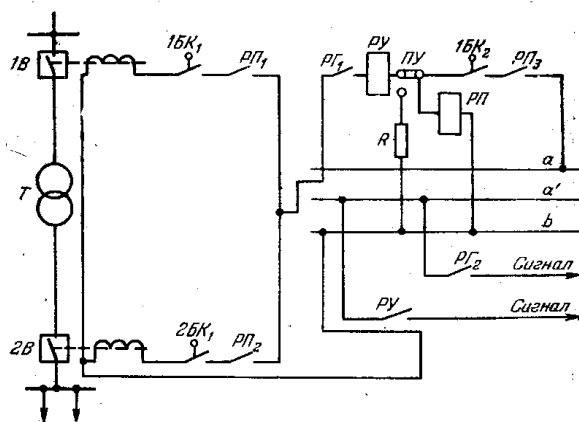


Рис. 2. Принципиальная схема газовой защиты трансформатора.

На трансформаторах мощностью более, чем 7,5 МВ*А, роль главной защиты играет продольная дифференциальная токовая защита. Её принцип действия схож с защитой ЛЭП. Всё же особенности трансформатора как предмета защиты ведут к тому, что $I_{нб}$ в его дифференциальной защите значительно больше, нежели у других элементов системы электроснабжения [5].

Релейная защита трансформаторов разнообразна и носит множество аспектов и факторов для своего применения. В данной статье описаны основные способы защиты трансформаторов.

Источники

1. Виды повреждений и ненормальных режимов работы трансформаторов [Электронный ресурс]. <https://studfile.net/preview/2690499/> (Дата обращения: 01.07.2024)
2. Булычев А.В., Иванов Е.Н., Осипова В.С. Защиты трансформаторов. // Чебоксары: ИПК РЗА, 2023. – 56 с.
3. Варенов, А. А. Некоторые способы сбережения материальных и энергетических ресурсов в электроаппаратостроении / А. А. Варенов, В. В. Максимов, О. В. Воркунов // Научно–технический вестник Поволжья. – 2023. – № 6. – С. 227–229.
4. Газовая защита трансформаторов [Электронный ресурс]. <https://electricalschool.info/main/elsnabg/885-gazovaja-zashhita-transformatorov.html> (Дата обращения: 01.07.2024)
5. Поперечная и продольная дифференциальная защита: применение и принцип действия, преимущества и недостатки [Электронный ресурс]. <https://220v.guru/elementy-elektriki/transformatory/princip-deystviya-differencialnoy-zaschity.html> (Дата обращения: 01.07.2024)

КЛЮЧЕВЫЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ НИЗКООМНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ НЕЙТРАЛИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 6–10 КВ

Елфутин М.Д.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

boombardiro@mail.ru

Науч. рук. доц. Исаков Р.Г.

В статье приведен сравнительный анализ двух режимов работы нейтрали в распределительных сетях 6–10 кВ: изолированной нейтрали и низкоомного заземления. Выявлены основные недостатки изолированной нейтрали и преимущества низкоомного заземления. Рассмотрены перспективы перехода распределительных сетей к низкоомному заземлению нейтрали.

Ключевые слова: энергетика, распределительные сети 6–10 кВ, релейная защита, низкоомное заземление нейтрали.

В связи с активным расширением городов, сел суммарная длина распределительных сетей 6–10 кВ растет, покрывая все большую площадь населенной местности. В сетях данного класса напряжения еще с начала прошлого века приняли к использованию режим работы с изолированной нейтралью. По данным статистики на территории России 70–80 % распределительных сетей работают в данном режиме.

В момент своего зарождения идея изолированной нейтрали имела значительные плюсы: возможность длительного рабочего состояния сети при однофазном замыкании линии на землю (такой режим практически не считается повреждением) в связи со значительным уменьшением токов замыкания; высокая вероятность того, что повреждение самоликвидируется, например, если рассматривать кабельную линию с масло–пропитанной изоляцией, которая после повторного включения под напряжение способна восстановить большую часть диэлектрической прочности; возможность применения в местности с низкой проводимостью грунта.

Однако, у такого режима работа нейтрали есть ряд значительных недостатков: во время ОЗЗ высока вероятность пробоя изоляции смежного участка сети (например, смежно проложенные в траншее кабели) из-за возникновения перемежающейся дуги и перенапряжения, в результате чего

возникает недопустимый режим – двойное замыкание; возникновение феррорезонансных явлений, сугубо влияющих на высоковольтное оборудование [1]. Очевидно, значительное уменьшение тока замыкания приводит к сложности обеспечения селективности релейной защиты, в особенности, при большом количестве отходящих фидеров на подстанциях, что затрудняет поиски поврежденной линии.

Основываясь на вышесказанном, многие страны начали реализовывать перспективу по переходу от изолированной нейтрали или нейтрали с высокоомным сопротивлением к низкоомной в сетях 6–35 кВ [2]. Резистивное заземление нейтрали основано на использовании специального трансформатора со схемами $Y-0/\Delta$ или $Z-0$, присоединенного к шине 6–10 кВ, в нейтраль которого встроен резистор. Использование резистора позволяет решить проблемы с возникновением феррорезонансных явлений при ОЗЗ, снизить дуговые и коммутационные перенапряжения. Возможность возникновения коммутационных перенапряжений связано с тем, что во время бестоковой резистор способен разрядить остаточный заряд емкости с линии.

Основной недостаток применения низкоомного заземления нейтрали связан с быстрым обнаружением поврежденного участка и его отключением. Другими словами, данный метод предполагает наличие баланса между повышением чувствительности токовых защит за счет увеличения в несколько раз тока замыкания и ограничением тока в поврежденной фазе для снижения риска повреждения оборудования. К примеру, если при высокоомном заземлении релейная защита действует, в основном, только на сигнал (лишь в конкретных случаях на отключение), но при этом допускается длительная работа сети при ОЗЗ, то при низкоомном заземлении защиты действуют на отключение с минимальной выдержкой времени.

Применение низкоомного заземления нейтрали предполагает два режима: длительный и кратковременный [3]. При длительном режиме элемент (резистор) постоянно включен в цепь заземления нейтрали, однако правила электробезопасности РЭС приписывают в таком случае высокие требования к сопротивлению энергообъектов (сопротивление ЗУ должно быть менее 0,5 Ом), что приводит к усложненному, а порой и невозможному в исключительных случаях монтажу, а значит, и к повышению стоимости таких работ. Кратковременный режим обеспечивает включение элемента в цепь непосредственно после возникновения повреждения, например, после повышения напряжения нулевой последовательности.

В сетях 35 кВ реализация низкоомного заземления упрощается за счет наличия явновыведенной нейтрали трансформатора напряжения. В сетях 6–20 кВ для этого понадобится монтаж дополнительного специального трансформатора или фильтра [4].

Таким образом, РЭС России необходим переход от изолированной нейтрали к заземлению через низкоомный резистор по причине повышения надежности работы сетей и автоматизации поиска и отключения поврежденного фидера.

Источники

1. Титиенков С.С. Режимы заземления нейтрали в сетях 6–35 кВ и организация релейной защиты от однофазных замыканий на землю / С. С. Титиенков, А. А. Пугачев // Энергоэксперт. – №2 – 2010. С. 18–25.

2. Лопато, А. А. Автоматизация расчета низкоомного резистивного заземления нейтрали 10кВ трансформаторных подстанций / А. А. Лопато, А. А. Алферов, Т. В. Алферова // Актуальные вопросы эксплуатации современных систем энергообеспечения и природопользования : материалы IX международной научно–технической конференции, Брянск, 23–24 сентября 2015 года / Под общей редакцией Маркарянц Л.М.. – Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2015. – С. 147–152.

3. Низкоомное заземление нейтрали в распредсетях напряжением 6–20 кВ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ruscable.ru/article/cable/Nizkoomnoe_zazemlenie_nejtrali_v_raspr edsetyah_napryazheniem_6–20_kv/ – (дата обращения: 8.11.2024).

4. Изолированная нейтраль обречена на исчезновение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://energeteek.ru/knowledge-base/stati/2545–isolated–neutral> – (дата обращения: 8.11.2024).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И ДИАГНОСТИКИ ОТКАЗОВ В РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЕ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЛИНИЙ

Ефимов Е.О.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

egorefimov189@gmail.com

Науч. рук. доц. Минкин А.С.

В статье рассматривается использование нейронных сетей для повышения эффективности релейной защиты высоковольтных линий электропередачи. Традиционные методы обнаружения и диагностики отказов нередко ограничены по точности и времени отклика, что может приводить к сбоям в сложных сетевых условиях. Современная модель нейронной сети демонстрирует улучшенные характеристики по сравнению с классическими подходами, позволяя быстро и точно определять отказы и минимизировать количество ложных срабатываний. Исследование подтверждает перспективность интеграции нейронных сетей в системы релейной защиты для повышения надежности электроснабжения.

Ключевые слова: релейная защита, высоковольтные линии, нейронные сети, диагностика отказов, надежность электроснабжения, обнаружение неисправностей.

С ростом масштабов и сложности электрических сетей обеспечение стабильной и бесперебойной работы высоковольтных линий становится приоритетной задачей для энергосистем. Высоковольтные линии электропередачи (ЛЭП) подвержены воздействию различных внешних и внутренних факторов, что может привести к отказам, вызывающим перебои в электроснабжении и материальные убытки. Традиционные методы релейной защиты (РЗ), которые широко используются для обнаружения и устранения неисправностей, зачастую сталкиваются с ограничениями по скорости и точности диагностики. Эти ограничения особенно актуальны при сложных сетевых условиях и увеличении уровня возмущений, возникающих при интеграции возобновляемых источников энергии и распределенных генераторов.

Данная статья посвящена применению нейронных сетей для обнаружения и диагностики отказов в релейной защите высоковольтных линий. В работе рассматриваются существующие подходы к диагностике отказов, архитектура и методология обучения нейронных сетей, а также

проводится сравнительный анализ эффективности существующих разработанных моделей по сравнению с традиционными методами релейной защиты.

Релейная защита предназначена для быстрого обнаружения и устранения неисправностей в электрических сетях, особенно на высоковольтных линиях, где надежность критически важна. К типичным отказам относятся короткие замыкания и перегрузки, которые требуют немедленного реагирования для предотвращения повреждения оборудования и нарушения электроснабжения [1].

Нейронные сети, способные выявлять сложные зависимости в данных, представляют собой перспективный инструмент для улучшения релейной защиты. Архитектуры, такие как сверточные и рекуррентные нейронные сети, в теории позволяют обрабатывать и анализировать большие объемы данных, поступающих с высоковольтных линий, что способствует повышению точности диагностики отказов и снижению времени реакции системы [2].

Для построения модели нейронной сети были выбраны данные, которые имитируют типичные отказы на высоковольтных ЛЭП. Эти данные могут включать в себя как реальные измерения с датчиками на линиях, так и синтетически созданные профили отказов, которые отражают определенные типы неисправностей, такие как короткие замыкания или перенапряжения. В процессе предварительной обработки были нормализованы данные и выделены ключевые признаки, такие как напряжение, ток и фаза, чтобы смоделировать часто встречающиеся особенности, характерные для различных неисправностей.

Для измерения точности и производительности использовалась архитектура свёрточной нейронной сети (CNN), которая эффективно обрабатывает данные временных рядов и выявляет пространственно–временные зависимости. Сеть включает в себя свёрточные уровни для выделения признаков, ступени подборки для размерности и полносвязные уровни для классификации. Настройка гиперпараметров, таких как размер свёрток и количество периодов обучения, позволяет избежать переобучения и обеспечить высокую точность при тестовой выборке [3].

Обучение нейронной сети проходит с использованием кросс–проверки, что позволяет разделить данные на несколько подвыборок и постепенно обучать модель на одной части, тестируя ее на другой. Этот подход позволяет обеспечить стабильные результаты и минимизировать риск переобучения. Для моделей оценки использовались такие метрики, как точность, полнота и

F–мера, которые объективно оценивают ее способность к обнаружению проблем [4].

Современная модель нейронной сети для обнаружения и диагностики отказов на высоковольтных линиях продемонстрировала высокую точность классификации и скорость проявления различных типов неисправностей. Тестирование моделей на синтетических и других данных, моделирующих различные отказы, сопоставляет их результаты с традиционными методами РЗ.

Точность и скорость обнаружения ошибок: Модель показала высокую точность обнаружения ошибок на уровне 95–97%, в то время как традиционные методы в аналогичных тестах обеспечивают около 88–91%.

Скорость срабатывания: Время срабатывания модели также было продемонстрировано с преимуществом перед консервативными методами. В среднем нейронная сеть выявляла неисправность за 0,05–0,1 секунды, тогда как традиционные методы показывали время срабатывания 0,2–0,3 секунды. Этот параметр особенно важен в высоковольтных сетях, где миллисекунды критичны для предотвращения повреждений.

Данные результаты подтверждают, что применение нейронных сетей обеспечивает не только повышение точности обнаружения и классификации отказов, но и минимизацию времени отклика [5].

Таким образом, сравнительный анализ показывает перспективность внедрения нейронных сетей в системы РЗ высоковольтных линий и открывает возможности для разработки более интеллектуальных систем, способных адаптироваться и обеспечивать высокую надежность электроснабжения.

Источники

1. Гавриленко А.Н., Султанова Г.И., «Использование коммуникационных технологий для построения системы релейной защиты», Материалы XVII Всероссийской открытой молодежной научно–практической конференции «Диспетчеризация и управление в электроэнергетике», стр. 45–48, Казань, 2022г.

2. Манин А. В., Воскресенский М. С., «Возможность применения нейронных сетей в релейной защите систем электроснабжения», Вестник науки №4 (73), 2024г. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozmozhnost-primeneniya-neyronnyh-setey-v-releynoy-zaschite-sistem-elektrosnabzheniya> (дата обращения: 19.10.2024).

3. Кузнецова И. О., Малютов Д. А., «Принцип работы и архитектура нейронных сетей», Евразийская интеграция: современные тренды и перспективные направления. 2024. стр. 106–111 URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/printsip-raboty-i-arhitektura-neyronnyh-setey>
(дата обращения: 20.10.2024).

4. Мунтатер Альмусави, Д. Раджа Бабу, Дебарши Мазумдер, Бала Дхандаютхапани V, «Обнаружение и классификация неисправностей линии электропередачи с использованием сверточной нейронной сети с самовосприятием на основе извлечения признаков и изображений временных рядов», материалы международной конференции ICDCECE, с.1–4, Апр 2024г.

5. Шахриар Рахман, Рабиул Ислам, Мэриленд Сахават Хосен, Субрата К. Саркер, Саджал К. Дас, «Новый подход к диагностике неисправностей высоковольтной линии электропередачи — модель самовосприимчивой сверточной нейронной сети», симпозиум IEEE Region 10, с.1329–1332, 2020г.

ПЕРСПЕКТИВА СМЕНЫ РЕЖИМА РАБОТЫ НЕЙТРАЛИ В СЕТЯХ ДО 35 КВ С ИЗОЛИРОВАННОГО НА РЕЗИСТИВНО–ЗАЗЕМЛЕННЫЙ

Жалмаганбетова С.Т., Миранов С.Р.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
sevajt859@gmail.com, salihmiranov@gmail.com
Науч. рук. ст. преп. Саниева А.Д.

В статье рассмотрены виды режимов работы нейтрали в сетях до 35 кВ, представлены их достоинства и недостатки. Проведен анализ безопасности и надежности работы сетей при различных режимах нейтрали. Определен наиболее эффективный из режимов на основании статистических данных.

Ключевые слова: электрические сети, изолированная нейтраль, резистивно–заземленная нейтраль, электробезопасность, релейная защита.

Согласно правилам устройства электроустановок работа сетей до 35 кВ может предусматриваться с различным режимом заземления нейтралей. Рабочее заземление нейтрали в электрических сетях выше 1 кВ представляет собой метод подключения нейтрального проводника (обычно это нейтраль трансформатора или генератора) к земле, который используется для нормальной работы сети и обеспечения безопасности. Этот метод направлен на управление токами замыкания на землю и поддержание стабильности напряжения в сети, который может быть реализован либо непосредственно, либо через различные промежуточные элементы [1].

Режим работы сетей среднего класса напряжения наиболее часто используется изолированная нейтраль. Этот режим работы нейтрали характеризуется тем, что нейтральная точка трансформатора или генератора изолирована от земли. Данный метод позволяет сети работать стабильно даже при однофазном замыкании на землю (ОЗЗ), при этом являясь одним из самых распространенных типов аварий в электрических сетях среднего и высокого класса напряжения, что делает данный режим распространённым [2]. Также характерным преимуществом данного метода является снижение электромагнитных помех за счёт минимальных токов замыкания, а его абсолютная дешевизна, играет весомую роль в его общедоступности. Однако из-за низких токов возникают невозможность отключения линии релейной защитой, и сложности с обнаружением мест

однофазного замыкания на землю, что усложняет и замедляет ремонтные работы на линии [3].

Кроме того, что при таком режиме мощность, которую можно передавать через сеть, может быть ограничена из-за требований по безопасности и надежности электрической сети, изолированная нейтраль при работе электрической сети в неполно фазном режиме, а именно при ОЗЗ вызывает большие феррорезонансные перенапряжения, которые негативным образом влияют на обмотки силовых трансформаторов, особенно сильно это сказывается на изоляцию обмоток трансформаторов напряжения. Помимо этого, вызывает существенные дуговые перенапряжения, которые повреждают изоляцию линии, путем повышенного энерговыделения в канале пробоя, что может перерасти к повторным пробоям на других фазах, то есть имеется усиленный переход от однофазного к многофазному замыканию.

В сумме все вышеперечисленное также влияет на потребителя, а именно вывода из строя двигателей разных классов напряжения, вследствие повреждения изоляции обмоток. Особенно чувствительны к таким перенапряжениям двигатели, работающие на напряжении выше 1 кВ (2,5 – 6 кВ), применяемые в нефтедобывающем секторе Татарстана, которые часто имеют разветвленную сеть без резервного питания.

За время развития энергетики появились такие режимы заземления нейтрали, которые позволяют нивелировать недостатки сети с изолированной нейтралью. Среди них применяется заземление через дугогасящий реактор (ДГР). Этот реактор настроен таким образом, чтобы компенсировать ёмкостной ток замыкания на землю, что минимизирует последствия однофазных замыканий и позволяет эффективно гасить возникающую дугу и дуговые перенапряжения, за счет около нулевого тока замыкания [4].

К сожалению, ДГР имеет свои недостатки по части селективного отключения линии, сложности и особой дороговизны ее настройки. Поэтому следующий способ заключается в заземлении нейтрали через резистор (активное сопротивление). Резистивное заземление нейтрали является наиболее целесообразным, поскольку становится возможным собрать как необходимые достоинства изолированной нейтрали, так и компенсировать недостатки.

При низкоомном заземлении нейтрали протекание тока при однофазном замыкании на землю, достаточного для селективного срабатывания релейной защиты, наилучшее применение в распределительных сетях с достаточным уровнем резервирования и

автоматизации, а также где важно учитывать безопасность электрооборудования потребителя. Высокоомное заземление нейтрали способствует более безопасной и надежной работе сети при ОЗЗ, за счет уменьшения емкостных токов и соответственно уменьшению напряжений на оставшихся рабочих фазах, что исключает большие перенапряжения [5].

Таким образом, можно сделать вывод, что метод резистивного заземления нейтрали перспективен, особенно в нефтедобывающем регионе Татарстана, но его широкое внедрение ограничивают высокие затраты на оборудование и относительно большие размеры резисторов для подстанции. Также отсутствует нормативная база, что затрудняет его применение. Разработка соответствующей нормативно-правовой базы, учитывающей специфику технического состояния энергетических сетей и оборудования, является необходимым этапом для дальнейшего развития этого метода, особенно для сетей среднего напряжения.

Источники

1. Сабилов, И. И. Автоматизированные системы контроля состояния силовых трансформаторов / И. И. Сабилов, А. Н. Гавриленко // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике: Материалы XVII Всероссийской открытой молодежной научно-практической конференции, Казань, 20–22 октября 2022 года / Редколлегия: А.Г. Арзамасова (отв. редактор). – Казань: ООО "Издательство Фолиант", 2022. – С. 315–317.

2. Гарафутдинов, Р. Р. Повышение надежности в сетях 6–35 кВ / Р. Р. Гарафутдинов, Т. Ю. Волкова // Молодежный вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2017. – № 1(16). – С. 145–150.

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018663431 Российская Федерация. Расчет перенапряжений при однофазном замыкании на землю на воздушных линиях электропередач в сети 6–10 кВ с изолированной нейтралью: № 2018661120: заявл. 11.10.2018: опубл. 26.10.2018 / О. Г. Губаева, Д. Ф. Губаев; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет».

4. Симак Ю.П., Валькевич А.Н. Выбор режима нейтрали и ограничение перенапряжений в электрических сетях 6–35 кВ энергосистемы Кыргызстана // Вестник Кыргызско-Российского славянского университета. 2012. Т. 12, № 10. С. 30–32.

5. Бычин, М. А. Новый способ защиты трехфазных сетей от однофазных замыканий на землю / М. А. Бычин, М. Л. Сапунков, А. А. Худяков // Горное оборудование и электромеханика. – 2010. – № 8. – С. 29–30.

РАЗРАБОТКА СТЕНДА ЦИФРОВОЙ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ SIMINTECH

Захаров В.О., Иванов Д.А.

Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске

vitaliy.zakharov.303@mail.ru, dimas_2572@mail.ru

Науч. рук. к.т.н., доцент Солопов Р.В.

В настоящее время все большее внимание уделяется внедрению цифровых моделей объектов электроэнергетики. Такие модели способствуют лучшему пониманию функционирования изучаемого объекта, благодаря проведению различных опытов. Применительно к релейной защите, работа которой существенно зависит от исходных данных сети и защищаемого объекта, применение имитационного моделирования позволяет проанализировать работу защиты при различных заданных данных.

Ключевые слова: цифровая модель, трехступенчатая защита, релейная защита, короткое замыкание.

В данной работе для исследования цифровых токовых ступенчатых защит используем Российский программный комплекс SimInTech. Для исследования селективности релейной защиты была смоделирована электроэнергетическая система, которая предварительно верифицирована (см. рисунок. 1).

Блок релейных защит линии подключается к первичной схеме через трансформатор тока (ТА1, ТА2, ТА3). Коэффициенты трансформации ТА1, ТА2, ТА3 заданы с учетом максимального рабочего тока для данной схемы. Для выполнения полноценной защиты с высоким быстродействием используют токовую ступенчатую защиту, в состав которой входят: токовые отсечки и максимальная токовая защита.

Алгоритм работы токовой трехступенчатой защиты смоделирован с помощью элементов логики. При возникновении КЗ контролируемый сигнал от трансформаторов тока ТА1 подается на токовые реле первой, второй, третьей ступени. С помощью блока «МЕНЬШЕ ИЛИ РАВНО» выбирается максимальное значение, которое затем сравнивается со значением в блоке «Константа», заданного в качестве уставки реле. Сигнал на выходе логических элементов становится равным единице, если хотя бы один входной сигнал равен единице. Блок «Задержка по включению» реализуют выдержку времени, необходимые для обеспечения требований селективности

защиты. В данном алгоритме предусмотрена возможность ручного вывода определенной ступени из работы с помощью ручного ключа управления. Для визуального удобства была смоделирована панель, содержащую структурный вид терминала (см. рисунок. 3).

Для проверки селективности работы релейных защит были рассмотрены несколько аварийных ситуаций в разных точках сети (см. таблицу 1). Время, в которое происходит КЗ – 0,5 секунд, общее время расчёта – 5 секунд.

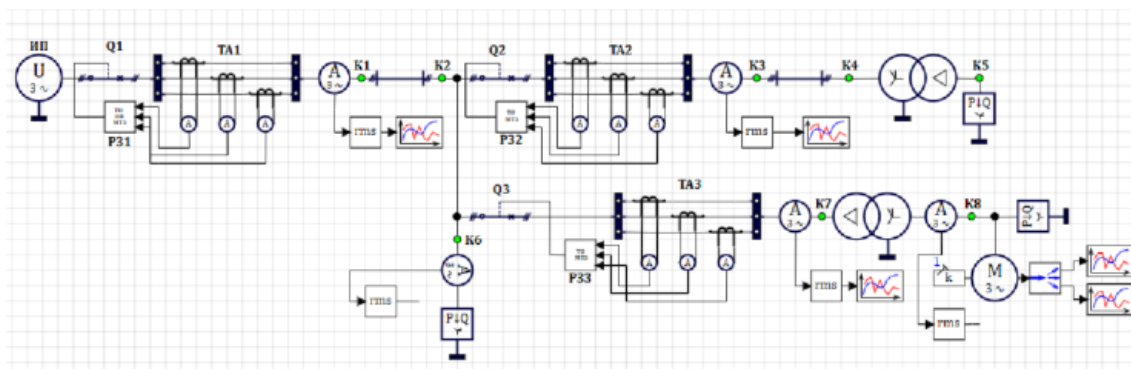


Рис. 1. Исследуемая схема сети в программном комплексе SimInTech.

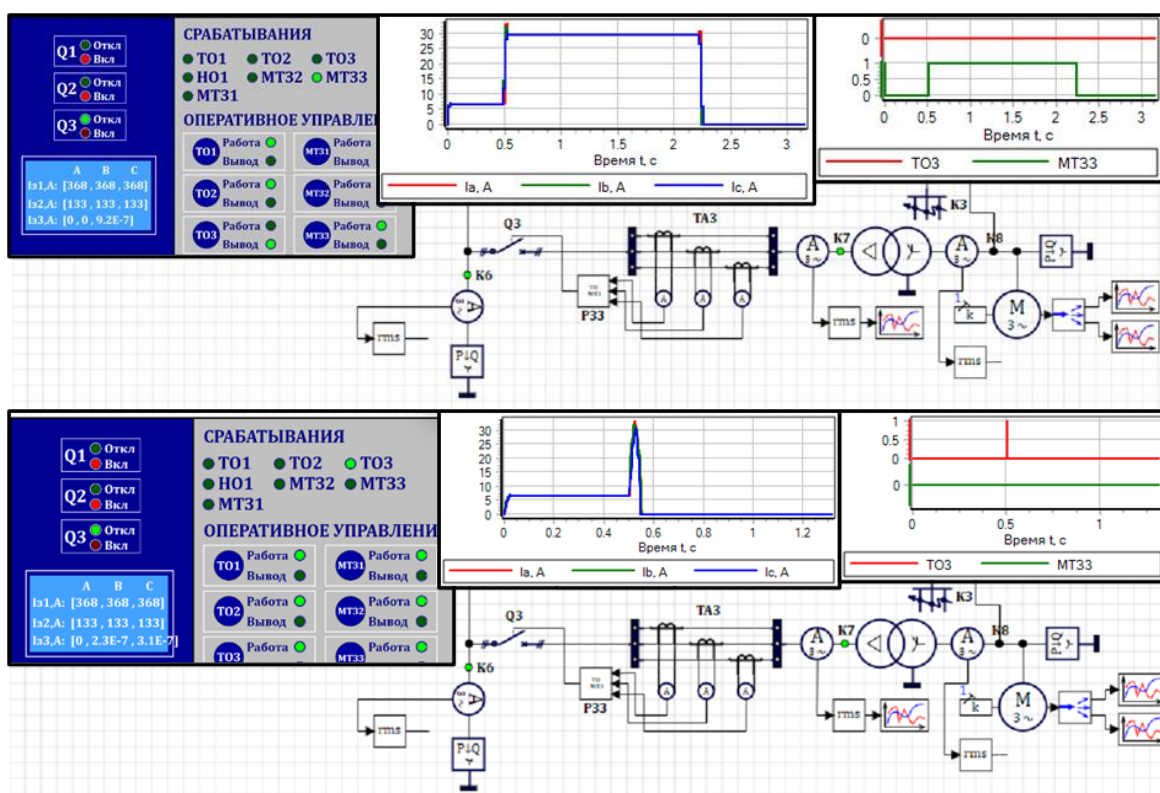


Рис. 2. Результаты работы двухступенчатой защиты в программном комплексе SimInTech.

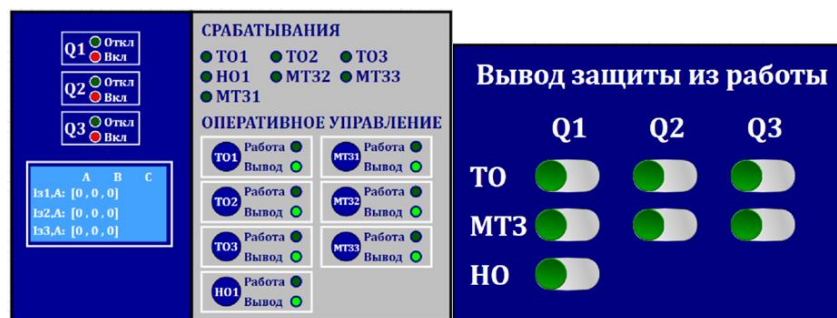


Рис. 3. Панель визуального отображения состояния релейной защиты.

Результат работы релейной защиты при трехфазном КЗ

№ точки КЗ	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
Защита отключила выключатель	Q1	Q1	Q2	Q2	Q2	Q1	Q3	Q3
Сработала защита	TO1	NO1	TO2	TO2	MT32	NO1	TO3	TO3
Время пуска защиты, сек	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Время срабатывания защиты, сек	0,5	1	0,5	0,5	2	1	0,5	0,5

Таким образом в данной работе была смоделирована трехступенчатая и двухступенчатая цифровая релейная защита, которая была проверена и верифицирована. Разработан стенд для визуального отображения состояния работы релейной защиты. Данная модель позволяет рассмотреть процессы работы трехступенчатых и двухступенчатых токовых защит при различных видах КЗ и в разных местах их возникновения, а также проверить селективность работы релейной защиты.

Источники

1. Дьяков А.Ф., Овчаренко Н.И. Микропроцессорная автоматика и релейная защита электроэнергетических систем: учеб. пос. для вузов. М.: Издательский дом МЭИ, 2008. 336 с.
2. Шнеерсон Э.М. Цифровая релейная защита / Э.М. Шнеерсон. – М.: Энергоатомиздат, 2007. – 549 с.
3. Справочник по проектированию электрических сетей/под ред. Д.Л. Файбисовича. 4–е изд., перераб. и доп. М.: ЭНАС, 2012. 376 с.
4. Справочная система SimInTech [Электронный ресурс]. URL: https://help.simintech.ru/#1_spravochnaya_sistema_i_ee_nastrojka/DIR_spravochnaya_sistema_i_ee_nastrojka.html (дата обращения: 20.10.2024).
5. Среда динамического моделирования технических систем «SimInTech» [Электронный ресурс]. URL: https://help.simintech.ru/oxy_ex-1/webhelp_docs/SIT_SimInTech_ECD.pdf (дата обращения: 20.10.2024).

КЛЮЧЕВЫЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТИРИСТОРНЫХ СИСТЕМ САМОВОЗБУЖДЕНИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Зиннатов А.И.

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

azat.zinnatoff@yandex.ru

Науч. рук. доц. Писковацкий Ю.В.

В тезисе рассматривается тиристорная система самовозбуждения, которая реализует питание обмоток ротора через трансформатор, подключенный к выводам генератора. Обсуждается важность использования цепи начального возбуждения. Перечисляются способы защиты от перенапряжений, а также методы гашения поля генераторов в различных эксплуатационных условиях.

Ключевые слова: генератор, система возбуждения, системы тиристорные самовозбуждения.

В большинстве отечественных электростанциях производится модернизация генераторов, у которых истек срок эксплуатации, в связи с чем актуализируется необходимость выбора новых систем их возбуждения.

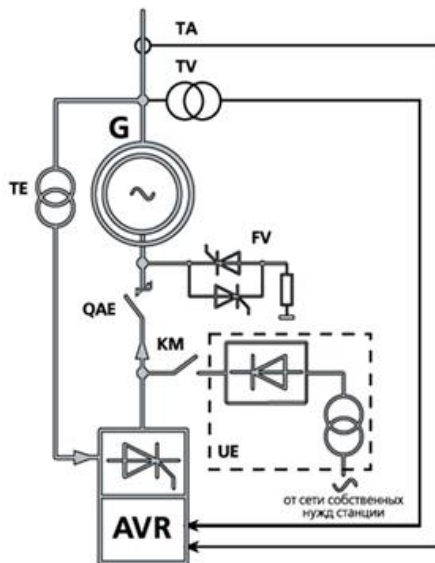
Система возбуждения (СВ) генератора реализует питание обмотки возбуждения турбогенератора автоматически регулируемым постоянным током, в нормальных и аварийных режимах работы генератора [1, 2]. СВ обеспечивает работу генератора в следующих режимах:

- начальное возбуждение;
- холостой ход;
- включение в сеть методом точной ручной синхронизации;
- работу на сеть или на автономную нагрузку;
- форсировку возбуждения;
- гашение поля.

Сегодня широко применяются тиристорные СВ, в частности, системы тиристорные самовозбуждения (СТС), рассмотрению ключевых аспектов эксплуатации которых посвящена данная работа.

Анализ литературы показал, что питание обмоток возбуждения турбогенераторов и гидрогенераторов в СТС выполняется выпрямленным регулируемым током через трансформатор (ТЕ), подключенный к главным выводам генератора. Главным элементом этих систем является автоматический регулятор возбуждения (AVR), основное назначение

которого — реализация алгоритмов устойчивого регулирования напряжения во всех эксплуатационных режимах с заданной точностью в пределах диаграммы мощности генераторов [3].



Система тиристорная самовозбуждения

Для запуска генератора предусмотрена цепь начального возбуждения (UE), которая реализуется либо от аккумуляторных батарей, либо от источника переменного тока собственных нужд электростанции. Эта цепь создает кратковременный импульс напряжения на обмотке ротора до момента, когда электродвижущая сила (ЭДС) статора становится достаточной для стабильной работы тиристорного преобразователя в режиме самовозбуждения.

Для защиты ротора от перенапряжений используются быстродействующие тиристорные разрядники (FV) многократного действия. Эффективное гашение магнитного поля генераторов происходит за счет перевода тиристорного преобразователя в инверторный режим путем изменения полярности возбуждающего напряжения. В случае аварийной ситуации экстренное снятие возбуждения осуществляется с помощью автомата гашения поля (QE) — специального электрического устройства, которое в процессе его активации обеспечивает оптимальное и быстрое гашение поля генератора. Это достигается путем минимизации времени гашения при соблюдении безопасного уровня напряжения на обмотке возбуждения в соответствии с требованиями к электрической прочности изоляции [4].

Особенностями СТС является работа аппаратуры управления, регулирования и защиты на базе микропроцессорного оборудования и возможность интеграции с АСУ ТП станции. В СВ имеются 2

преобразовательно–регулирующих канала (1 канал – рабочий, 2 канал – резервный), в которых встроенные средства самоконтроля и диагностики оснащены собственной автономной системой электропитания и блоком аварийного осциллографирования, благодаря чему обеспечивается 100% резервирование.

Преимущества СТС по сравнению с другими типами:

- не используются вспомогательные генераторы для питания тиристорного преобразователя, что существенно снижает габариты СВ;
- возможность ремонта отдельных блоков преобразователей без остановки турбоагрегата;
- невысокая стоимость оборудования.

К недостаткам СТС можно отнести:

- напряжение, подаваемое на выпрямители, зависит от режима работы главного генератора;
- при пуске генератора его первоначальное возбуждение должно осуществляться от постороннего источника, поскольку остаточного напряжения генератора недостаточно.

При модернизации электростанций замена старых систем возбуждения на СТС позволит реализовать автоматическое управление постоянным током и эффективно поддерживать напряжение в различных режимах работы, а также обеспечит защиту оборудования и контроль над условиями эксплуатации, минимизируя риски аварийных ситуаций. В случае ремонта отдельных блоков преобразователей будет отсутствовать необходимость осуществления остановки турбоагрегата.

Источники

1. Алиев А. М. Система возбуждения синхронных генераторов //GOLDEN BRAIN. – 2024. – Т. 2. – №. 3. – С. 154–160.
2. Гайфиева, Л. Ф. Применение систем накопления электрической энергии / Л. Ф. Гайфиева, Ю. В. Писковацкий //Проблемы и перспективы развития электроэнергетикии электротехники : Материалы V Всероссийской научно–практической (с международным участием) конференции, посвященной празднованию 55–летия КГЭУ. В 2–х томах, Казань, 11–12 октября 2023 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2023. – С. 52–55. – EDN MDIAMT.
3. Шайтор Н. М., Санников К. К. Обзор современных отечественных систем возбуждения АО" Силовые машины" //Энергетические установки и технологии. – 2021. – Т. 7. – №. 2. – С. 119–123.
4. Силовые машины. Системы возбуждения [Электронный ресурс]. URL: https://power.m.ru/upload/iblock/d61/2019_Systemi_vozbuzhdenia_rus.pdf (Дата обращения 25.10.2024).

ФИЛЬТРОКОМПЕНСИРУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА И ПРИНЦИП ИХ ДЕЙСТВИЯ

Карипов Р.М., Цветков А.Н., Гаврилов В.А.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

2s19gavr@gmail.com

В работе рассматриваются фильтрокомпенсирующие устройства и принцип их действия, который непосредственно связан с управлением работой данного вида устройств для компенсации реактивной мощности.

Ключевые слова: устройство, компенсация, управление, реактивная мощность, качество, электроэнергия.

В настоящее время многие ученые работают над созданием разных технических решений и средств, которые смогут компенсировать высшие гармоники тока и напряжения, способные помимо этого предотвращать резонансные явления с целью повышения качества передаваемой электроэнергии, а также недопущения перегрузки по току конденсаторов.

Рассмотрим виды фильтрокомпенсирующих устройств (ФКУ):

– пассивные ФКУ предназначены для «улавливания» гармонических частот, при этом пропуская промышленную частоту. Это обеспечивается за счет конструкции фильтра, которая обладает высоким сопротивлением на частотах гармоник, и низким при промышленной «основной» частоте. Важно отметить, что эффективность пассивного фильтра зависит непосредственно от конструкции и места установки в энергосистеме. Стоит выделить, что чем ближе фильтр размещается к источнику гармоник, тем он эффективнее их устраняет [1]. Для устранения гармоник чаще всего используется три вида пассивных фильтров: с однонаправленной настройкой, с двойной настройкой и с фильтрами высоких частот (рис. 1 а, б, в). Но к сожалению, они менее гибкие по сравнению с активными фильтрами. Для обеспечения эффективной работы такого вида ФКУ необходимо наиболее тщательно подбирать место установки и устанавливать такие фильтры, которые будут «не чувствовать» изменение условий работы энергосистемы [2, 3]. На рисунке 1а) можно определить, что данный фильтр пропускает определённую частоту, при этом ослабляя все остальные частоты. Такие фильтры предназначены для определения конкретной гармоники, которая является проблемной в энергетической

системе. Фильтр с двойной настройкой предназначен для пропускания двух определённых частот, тем самым, устраняя две гармоники. Фильтр верхних частот пропускает все частоты, которые выше заданной частоты среза, при этом ослабляя все частоты, находящиеся ниже среза;

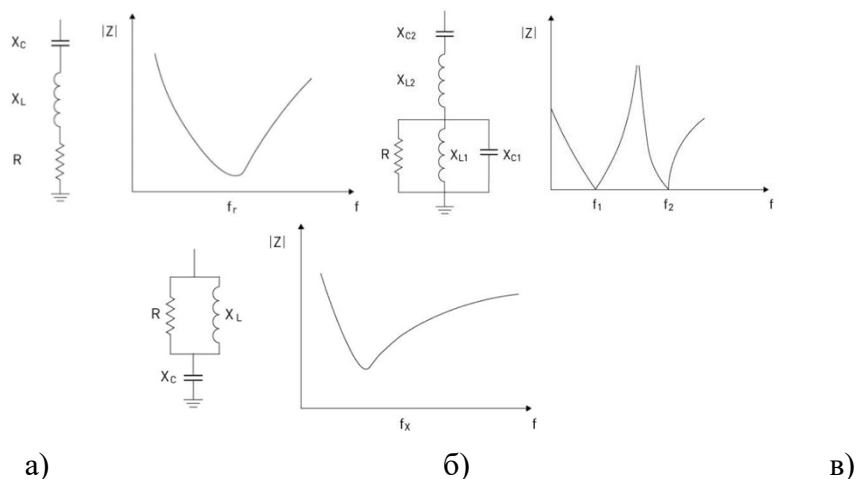


Рис.1. Виды пассивных фильтров: а) с одиночной настройкой; б) с двойной настройкой; в) фильтр верхних частот

– активные ФКУ функционируют за счет использования компонентов реактивной мощности (индуктивности – катушки и ёмкости – конденсатора). Работают за счёт подачи токов с определённой величиной, которые противоположны по фазе токам гармоник, присутствующих в энергосистеме [3, 4]. Активный фильтр измеряет ток нагрузки, осуществляет вычисление составляющих гармоник, а затем генерирует ток компенсации с противоположным значением тока гармоник. Тем самым, такой ток нейтрализует ток гармоник, из этого получается синусоидальный суммарный ток. Активный фильтр и шунтирующий активный фильтр представлен на рисунке 2 а,б).

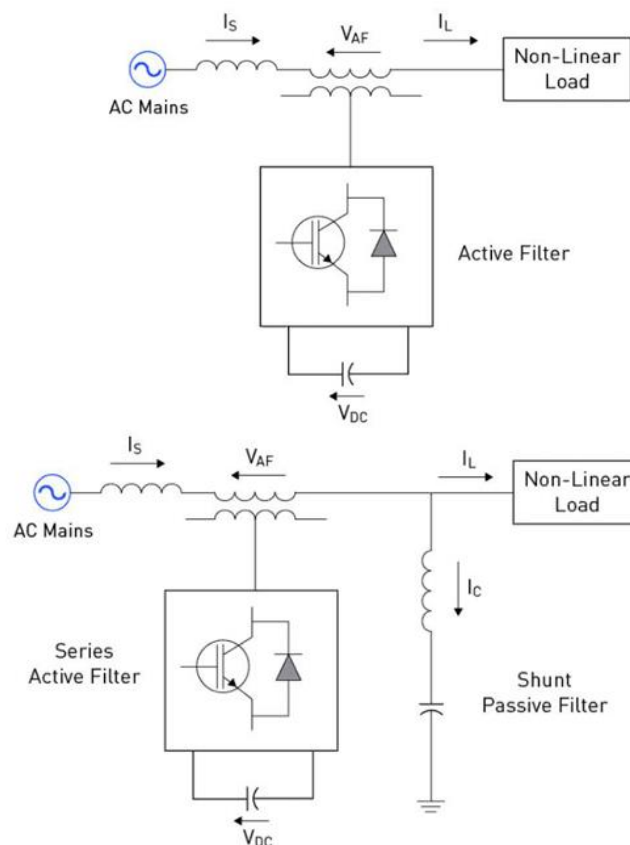


Рис.2. Активное ФКУ: а) серийный фильтр; б) шунтирующий фильтр

Среди способов управления фильтрокомпенсирующими устройствами можно выделить следующие:

- Формирование сигнала в частотной области. К ним относятся методы, основанные на представлении несинусоидальных токов и напряжений в виде комплексного ряда Фурье;
- Формирование сигнала во временной области. К ним относятся методы мгновенной реактивной мощности, цифровой обработки сигналов, а также методы, основанные на применении нейронных сетей;
- Использование обратных связей по току и напряжению. В реальном электроприводе с их помощью можно управлять степенями ФКУ по суммарному току и суммарной реактивной мощности всех приводов, подключённых к одному трансформатору;
- Применение технологий цифровой обработки сигналов. Это позволяет использовать разнообразные адаптивные методы спектрального оценивания и компенсации помех, а также эффективные и недорогие аппаратные средства, такие как цифровые процессоры обработки сигналов [5].

Таким образом, можно сказать, что применение фильтрокомпенсирующих устройств позволит повысить качество электроэнергии в энергосистеме.

Источники

1. Абрамович, Б.Н. Проблемы проектирования подстанций, систем контроля качества электроэнергии и учета электропотребления для предприятий горной промышленности / Абрамович Б.Н., Грин А.В., Виноградов И.В., Сергеев А.М., Лозовский С.Е. – Санкт–Петербург: Сборник научных трудов СПГГИ, 1996.

2. Мещеряков, В.Н. Компенсация гармонических искажений и реактивной мощности в однофазных электрических сетях посредством параллельного активного фильтра электроэнергии на базе релейного регулятора тока / В.Н. Мещеряков, М.М. Хабибуллин // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. Новочеркасск. – 2013. – №4. – С. 54–57

3. Пронин, М.В. Силовые полностью управляемые полупроводниковые преобразователи (моделирование и расчет) / Пронин М.В. Воронцов А.Г. – СПб.: ОАО «Электросила», 2003. – 172 с.

4. Абрамович, Б.Н. Устройство компенсации высших гармоник, адаптированное к электроприводу переменного тока / Абрамович Б.Н., Сычев Ю.А., Зимин Р.Ю. // Патент на изобретение № 2619919; заявитель и правообладатель Санкт–Петербургский горный университет. – заявл. 15.06.2016; опубл. 19.05.2017, бюл. №14

5. Шклярский, Я.Э. Оценка добавочных потерь мощности в электрических сетях с нелинейной и несимметричной нагрузкой / Шклярский Я.Э. Белицкий А.А. // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2018. – № 7. – С. 86–93.

ЗАЩИТА С АБСОЛЮТНОЙ СЕЛЕКТИВНОСТЬЮ НА УЧАСТКАХ САВС СЕЛЬСКИХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Китанин Д.С.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», АО «Сетевая Компания», г. Казань, Россия

kitaninds@gridcom-rt.ru

Науч. рук. доц. Погорельцев А.И.

В тезисе предложено решение проблемы накопления выдержек времени максимальных токовых защит на реклоузерах на магистральных участках локальной автоматики САВС сельских распределительных сетей. Обеспечение линий 6–10 кВ защитами с абсолютной селективностью с использованием технологии PLC позволит сократить длительность протекания токов КЗ и, как следствие, снизить негативное воздействие на первичное оборудование.

Ключевые слова: секционирование распределительных электрических сетей (САВС), защита с абсолютной селективностью, технология Power line communication (PLC), реклоузеры.

Система автоматического восстановления электроснабжения (САВС) сетей 6–10 кВ представляет собой программно–аппаратный комплекс для автоматизации диспетчерского управления распределительными сетями 6–10 кВ в нормальных и послеаварийных режимах в сетях с изолированной и компенсированной нейтралью. САВС обеспечивает определение аварийных участков, анализ топологии и выполнение процедуры автоматического восстановления питания потребителей [1].

Данная технология применяется в распределительных сельских и городских сетях на протяжении многих лет и накопила достаточный опыт использования, а также нарастила большой парк устанавливаемого оборудования [2]. Далее будет рассматриваться локальная автоматика САВС сельских распределительных сетей применяемая в электрических сетях 6–10 кВ в АО «Сетевая Компания» Республики Татарстан. Для достижения наиболее рационального использования всех элементов системы САВС одним из главных условий является установка в магистралях для деления сети исключительно реклоузеров с функциями ступенчатых токовых защит (чаще всего 3 ступени) и контроллера присоединения.

Для снижения количества отключений неповрежденных

потребителей в магистральную сеть со временем устанавливалось всё большее количество коммутационных аппаратов (Рис.1). Соблюдение селективности защит в таких условиях приводит к накоплению выдержек времени, даже при возможности использовать ступень селективности в расчетах равную 0,3 с (от производителя). Уставка по времени защиты на вводе на подстанции могут достигать 3–4 с на 1–2 ступенях МТЗ. Длительные КЗ ведут к старению изоляции и снижению ее изоляционных свойств (могут привести к пожару или даже взрыву). От длительных токов коротких замыканий необходимо защищать сети всех назначений и видов прокладок.

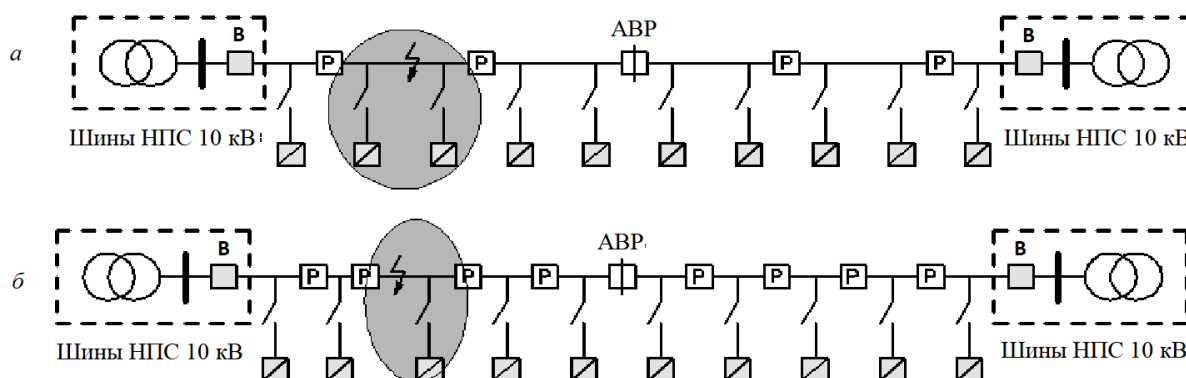


Рис.1. Условный прирост количества Р в типовой схемы САВС:

а – на начало использования САВС; б – на настоящий момент.

В данной работе предложено решение проблемы накопления выдержек времени максимальных токовых защит на реклоузерах с помощью обеспечения линий 6–10 кВ защитами с абсолютной селективностью работающих по принципам высокочастотной блокировки (ВЧБ) с использованием технологии PLC.

Технология PLC (Power line communication) — телекоммуникационная технология, базирующаяся на использовании силовых электросетей для высокоскоростного информационного обмена. Сеть передает голос и данные, накладывая цифровой радиосигнал поверх стандартного переменного тока частотой 50 или 60 Гц.

Так как ток переменный, он периодически меняет направление «течения», и в момент смены направления мощность практически не передается (если не учитывать сдвиг из-за сильной емкостной или индуктивной нагрузки). Наступают мгновения затишья. Это называется «zero cross» — момент, в который напряжение равно нулю (Рис. 2.)

В этот момент в сети также наблюдается наименьший уровень шума. Это самый благоприятный момент для генерации полезного сигнала.

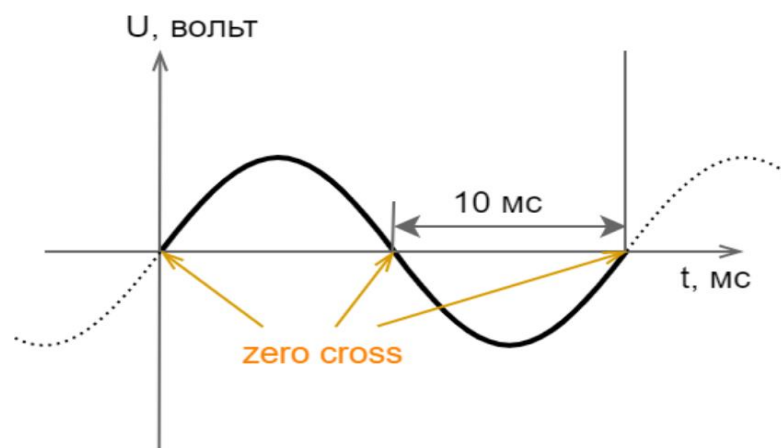


Рис.2. Точки для передачи данных по PLC в сетях переменного тока.

В первой итерации данного исследования для построения защиты с абсолютной селективностью предлагается контролировать наличие канала PLC между двумя реклоузерами. В случае возникновения между ними КЗ, апериодическая составляющая и сопутствующие высокие электромагнитные помехи приведут к нарушению канала (примерно через 2–3 периода ≈ 60 мс) между двумя устройствами.

Далее сигнал от модема PLC поступает на программируемый вход реклоузера, в котором в гибкой логике собираются условия соответствующие КЗ на защищаемой линии:

1. наличие срабатывания пускового органа от ТО или МТЗ–1 с заранее выбранными уставками защищающими только свой участок;
2. пропажа канала PLC;
3. иные блокировки для минимизации ложных срабатываний.

Данный подход позволит сократить длительность протекания токов КЗ и, как следствие, снизить негативное воздействие на первичное оборудование в сетях с большим количеством последовательно установленных реклоузеров в магистрали.

Источники

1. Калентионик, Е. В. Секционирование распределительных электрических сетей / Е. В. Калентионик // Наука – образованию, производству, экономике: материалы 14-й Международной научно-технической конференции. – Минск : БНТУ, 2016. – Т. 1. – С. 37..
2. Муратбаев Э. Х. Повышение надежности электрических сетей 6–10 кВ посредством применения автоматических пунктов секционирования // Записки Горного института. 2007.

ЭМПИРИЧЕСКИЙ МЕТОД ПРОВЕРКИ СИСТЕМ РЗА С ИМИТАЦИЕЙ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ СЕТИ

Кудрявцев Т.А.¹, Кудрявцев А.А.², Бабырь К.В.³

¹ЧПОУ «Новокуйбышевский учебный центр», г. Самара, Россия

²ООО «Экспертный центр», г. Екатеринбург, Россия

³ООО «Академия КЭТ», г. Санкт–Петербург, Россия

kudryavtsev.t.a@mail.ru, chief_engineer@exctr.ru, babyr.kirill@qetacademy.ru

Предложена методика проверки систем релейной защиты и автоматики эмпирическим путем при помощи воспроизведения на высокоточных испытательных устройствах осциллограмм, взятых с реальных объектов, на которых происходили аварийные ситуации.

Ключевые слова: устройство РЗА, имитация, эмпирический метод, аварийная ситуация, воспроизведение осциллограмм, испытание РЗА.

Одной из актуальных тем, связанных с эксплуатацией электроэнергетических комплексов, является вопрос надежной и селективной работы систем релейной защиты и автоматики. Ключевой проблемой в организации таких систем является разнообразный характер аварии при конкретном повреждении.

Из всего многообразия видов повреждений на объектах электроэнергетики, в данной статье мы рассмотрим только один. Однофазное замыкание на землю (ОЗЗ) – самый распространенный и сложный режим в организации селективности и чувствительности релейной защиты, в сети с изолированной нейтралью, среднего класса напряжений 6–35 кВ. На данный момент так и не реализовано комплексного и универсального решения данной проблемы.

На осциллограммах (см. рисунок 1, 2), зафиксированных на микропроцессорных устройствах РЗА, каждое новое проявление ОЗЗ имеет разный характер, отличный от своего предшественника. Это обуславливается многими факторами, такими как: переходное сопротивление в месте замыкания, удаленность ОЗЗ от распределительной подстанции, емкостная составляющая линии передачи электроэнергии, наличие высших гармоник, броски тока в момент перезаряда емкостей через дугу и многое другое [1].

Защита селективного характера, использующая сигнал утроенного значения токов нулевой последовательности $3I_0$, по которой работает её традиционный алгоритм, не всегда чувствительна к ОЗЗ.

На рисунке 1 видно, как защита запускает алгоритм «Пуск ОЗЗ» по достижению сигналом $3I_0$ определенной уставке по току. Но в момент зажигания дуги, в месте однофазного замыкания, в сети начинают возникать токи высших гармоник, которые влияют на форму сигнала основной частоты, меняя и искажая ее. Микропроцессорное устройство в этот момент не в состоянии адекватно определить аварийную ситуацию, так как среднеквадратичные значения $3I_0$ становятся значительно ниже амплитудных. Соответственно, работа алгоритма защиты от однофазных замыканий на землю сбрасывается, т.к. продолжительность сигнала «Пуск ОЗЗ» было меньше его временной уставке, сигнал «Отключить» не формируется.

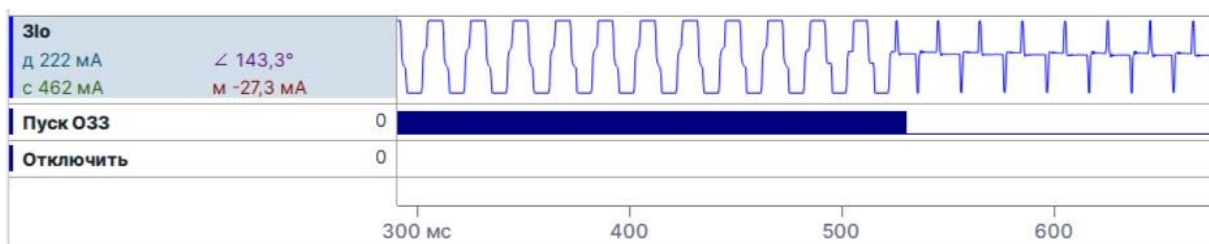


Рис.1 Аварийная осциллограмма ОЗЗ в момент зажигания электрической дуги на заземлителе опоры ВЛ–10 кВ

Аналогичная ситуация показана и на рисунке 2, где уже иное поведение ОЗЗ на этом же присоединении.

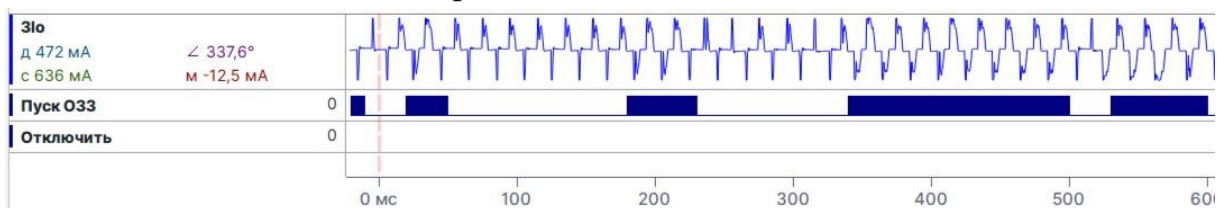


Рис.2 Горение электрической дуги через переходное сопротивление при пробое изолятора

При этом наблюдается более частое срабатывания алгоритма защиты, но по вышеописанной причине, из-за уставки выдержки времени на срабатывание, такая авария может подолгу не отключаться.

В конкретном случае, на этом объекте, ОЗЗ переросло в междуфазное замыкание.

Эмпирический метод проверки систем РЗА с имитацией аварийных режимов сети дает возможность использовать аварийные осциллограммы, записанные устройствами РЗА в универсальный формат COMTRADE, и воспроизводить их аналоговые и дискретные сигналы с высокой точностью (см. рисунок 3). Подавая их в систему РЗА, и сравнивая с полученными данными, можно выявить слабые места в алгоритмах РЗА и расчетах уставок.

Таким образом, можно проверить значительное количество видов релейных защит и автоматик, причем комплексно. Это позволит ускорить и упростить процесс анализа аварийных событий, что в дальнейшем будет способствовать минимизации отказов систем РЗА, а следовательно, и защищаемого оборудования.

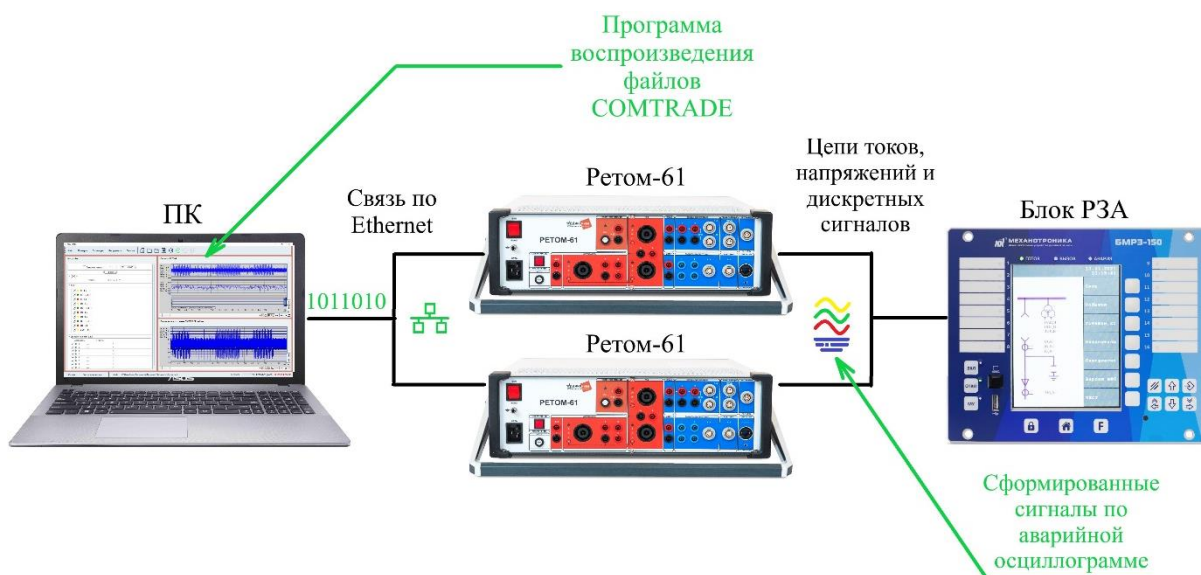


Рис.3 Схема физической модели, способной воспроизводить файлы аварийных осциллограмм

Источники

1. Горюнов В.А. Однофазное замыкание на землю. Можно ли решить проблему? // Новости Электротехники. Информационно-справочное издание. 2017. С. 104–105.

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ И УПРАВЛЕНИЯ ЗАЩИТНЫМИ РЕЛЕ

Латыпов Т.И.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

latypov-14@mail.ru

Науч. рук. доц. Будникова И.К.

В данной статье рассматриваются возможности применения искусственного интеллекта (ИИ) для диагностики и управления защитными реле в электроэнергетических системах. Традиционные подходы к релейной защите, основанные на фиксированных пороговых значениях, ограничены в своей способности адаптироваться к изменяющимся условиям сети и требуют постоянного контроля и ручной настройки. В условиях растущей сложности энергосистем, вызванной интеграцией возобновляемых источников энергии и изменением динамики нагрузки, такие ограничения становятся все более заметными и необходимо внедрение машинного обучения для предиктивного анализа и предупреждения сбоев систем. Статья будет полезна исследователям в области электроэнергетики, стремящимся использовать инновационные технологии для решения актуальных задач релейной защиты.

Ключевые слова: нейронные сети, информационные технологии, энергетика, релейная защита, автоматика.

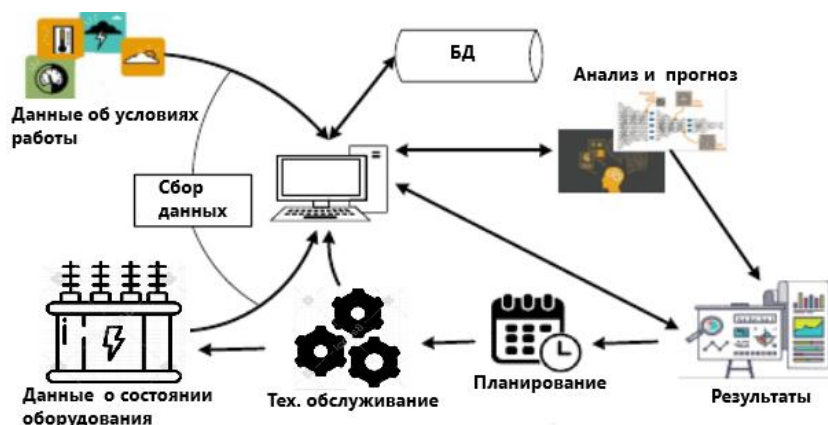
Электроэнергетические системы, состоящие из генерации, передачи и распределения электрической энергии, требуют надежной релейной защиты для обнаружения и отключения аварийных участков сети. Однако традиционные релейные устройства, работающие на основе фиксированных порогов, не всегда гибки и эффективны, особенно в условиях растущего числа возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и увеличения сложности сетевой инфраструктуры [1, 2].

Перспективным направлением является применение методов искусственного интеллекта (ИИ) для улучшения работы релейной защиты. Алгоритмы машинного обучения способны анализировать большие объемы данных, прогнозировать неисправности и автоматически адаптировать пороги срабатывания защитных устройств [3, 4, 5, 6]. В данной статье рассматриваются возможности использования ИИ для

диагностики неисправностей и управления релейной защитой в электроэнергетических системах.

Традиционные методы релейной защиты основаны на фиксированных пороговых значениях тока, напряжения или частоты. Несмотря на их проверенную эффективность, как отмечает Telukunta V. в работе "Protection challenges under bulk penetration of renewable energy resources in power systems: A review", такие подходы имеют ограниченные возможности адаптации и требуют постоянного контроля и ручной настройки, что особенно критично в условиях децентрализованной генерации [7].

Первым этапом разработки системы является поиск источников данных для обучения нейронной сети (см. рисунок). Сбор и подготовка данных включает информацию с релейных устройств, SCADA-систем и PMU-устройств, которые фиксируют параметры сети в реальном времени, а также данные об условиях окружающей среды: температура, влажность. Данные проходят предобработку: очистку от выбросов и шумов, нормализацию и разметку.



. Структура системы сбора и обработки данных

Для диагностики неисправностей используются модели машинного обучения, такие как GRU для анализа временных рядов и XGBoost для классификации типов сбоев [8]. Процедура обучения включает разбиение данных на обучающие и тестовые выборки с использованием метрик точности, полноты и F1-меры. Результаты моделей валидации проверяются на реальных данных о неисправностях.

Архитектура системы подразумевает интеграцию данных с релейных устройств и сетевых сенсоров с ИИ-алгоритмами, которые обрабатывают информацию в реальном времени. Система после обучения способна анализировать временные ряды параметров сети, прогнозировать неисправности и корректировать пороги срабатывания реле в реальном

времени.

В результате проведённого исследования продемонстрированы возможности использования искусственного интеллекта для повышения эффективности и адаптивности релейной защиты в электроэнергетических системах. Применение методов машинного обучения позволяет более точно диагностировать неисправности, снижать количество ложных срабатываний и динамически корректировать параметры работы релейных устройств.

Автором проведен анализ традиционных и современных методов релейной защиты, разработке архитектуры системы диагностики на основе ИИ, в подборе и обработке данных для обучения предложенных моделей.

Источники

1. Добродей А. О., Евминов Л. И. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения. 2020.
2. Смирнов В. В., Яковенко Н. А. Релейная защита и автоматика—проблемы и перспективы развития в электроэнергетической системе России//Энергетические установки и технологии. 2020. Т. 6, №. 1. С. 83–87.
3. Будникова И.К., Заманов Р.И. Применение интеллектуальных систем для повышения надежности работы распределительных сетей. // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2021. № 3–4 (25–26). С. 83–87
4. Будникова И.К., Матвеев М.Г. Динамика развития рынка технологий искусственного интеллекта // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2022. № 1 (27). С. 92–95
5. Будникова И.К., Мосолков Р.Д. Искусственный интеллект как инструмент прогнозирования цены реализации нефтепродуктов. //Научно–технический вестник Поволжья. 2023. № 12. С. 597–600
6. Латыпов Т.И., Будникова И.К. Влияние кибербезопасности на функционирование релейной защиты в электроэнергетике // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике: материалы Международной молодежной научно–практической конференции. Казань, 2023, С. 538–540.
7. Yucong W., Bo W. Research on ea–xgboost hybrid model for building energy prediction //Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2020. Т. 1518, №. 1. С. 12082
8. Jabeur S. B. et al. CatBoost model and artificial intelligence techniques for corporate failure prediction //Technological Forecasting and Social Change. 2021. Т. 166. С. 120658

ЛОКАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ И КЛАССИФИКАЦИЯ ПОВРЕЖДЕНИЙ ВОЗДУШНЫХ ЛЭП

Леонтьев Д.Л.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

dmitri.leontev.10@mail.ru

Науч. рук. доц. Касимов В.А.

Представляются актуальные аспекты применения локационного мониторинга и диагностики технического состояния электросетей, использование локационного мониторинга в сочетании с другими современными технологиями. Описывается использование рефлектограмм для определения типа повреждения на воздушных линиях электропередачи и расстояния до мест повреждений.

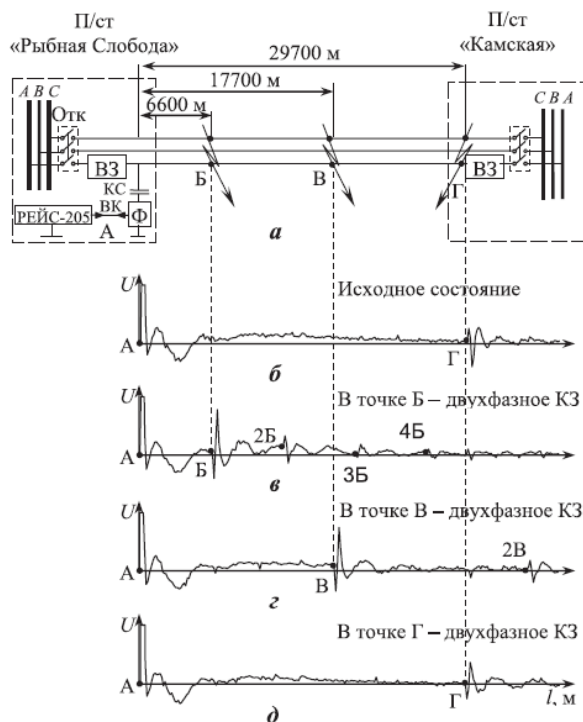
Ключевые слова: электрические сети, воздушные линии, диагностика, локационное зондирование, повреждения, обрыв, короткое замыкание.

Сегодня эксплуатация воздушных линий электропередачи (ВЛЭП) связана с большим количеством рисков: частое возникновение коротких замыканий, обрывы электрических проводов, механические разрушения и повреждения, негативные воздействия внешней окружающей среды. Перечисленные угрозы обуславливают важность осуществления качественного мониторинга ВЛЭП, в том числе с использованием эффективных методов наблюдения и анализа технического состояния линий, примером чего является локационное зондирования надземной электросети.

Точное и своевременное обнаружение и идентификация коротких замыканий на линиях электропередачи может значительно улучшить и упростить процесс их устранения и, следовательно, снизить затраты, связанные с простоем энергосистемы.

Локационный мониторинг ВЛЭП — современный способ дистанционного исследования электрических линий. Он играет важную роль в обеспечении надежности и безопасности функционирования объединенной и изолированных энергосистем. Применяемые в данном методе локаторы позволяют эффективно определять места повреждений на ВЛЭП (см. рис) и представляют ответственному персоналу энергетических компаний возможность оперативно реагировать на потенциальные и возникшие аварии в электроэнергетическом секторе, которые могут

привести к значительным потерям электроэнергии и повреждению критического электрооборудования.



Рефлектограммы, получаемые при локационном мониторинге ЛЭП, распознаются по форме отраженного импульса. Полярность отраженного импульса определяет тип повреждения: если полярность отраженного импульса положительная, то произошел обрыв проводов, если же отрицательная – то короткое замыкание или однофазное замыкание на землю.

Для определения расстояния до места обрыва необходимо сравнить полученную аварийную рефлектограмму с эталонной рефлектограммой, эту операцию можно выполнить, используя разностный метод, при котором из массива значений отраженных сигналов текущей рефлектограммы вычитается массив значений эталонной рефлектограммы. Таким образом, формируется разностная рефлектограмма [1].

Растущая сложность топологии и функционирования энергосистем создает проблемы для диагностики состояний ЛЭП. Это создает предпосылки для применения более специализированных систем мониторинга на уровне отдельных линий электропередачи для реализации интеллектуальных электрических сетей, развитие которых является одним из наиболее актуальных направлений для исследований. Основная цель методов диагностики неисправностей состоит в двух аспектах:

1. Классификация повреждений: возможность определить тип неисправности и, следовательно, поврежденные фазы.

2. Определение места повреждения: возможность точно оценить расстояние вдоль линии электропередачи, на котором произошла неисправность.

Создание модели классификации состояний ЛЭП по их рефлектограммам может позволить решать обе задачи в рамках одной системы мониторинга. Дальнейшие исследования в этом направлении будут способствовать повышению эффективности и надежности эксплуатации ВЛЭП, обеспечивая устойчивое функционирование энергосистем.

Источники

1. Определение места повреждения локационным методом на линиях электропередачи с ответвлениями / Р.Г. Минуллин, Ю.В. Писковацкий, В.А. Касимов, Р.Г. Мустафин, В.Ю. Виноградов // Вестник казанского государственного энергетического университета. 2021. Т.13. №3 (51). С. 69–80.

ОСОБЕННОСТИ И ЗАДАЧИ АВТОМАТИЗАЦИИ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 6–35 кВ

Мавляутдинов Л.Р.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

linar.mavlyautdinov@gmail.com

Науч. рук. доц. Писковацкий Ю.В.

В последние десятилетия системы распределения электроэнергии претерпевают значительные изменения, направленные на повышение их надежности, эффективности и безопасности. Релейная защита в сетях среднего напряжения (6–35 кВ) играет ключевую роль в обеспечении стабильности и минимизации повреждений, вызванных короткими замыканиями, перегрузками и другими аварийными режимами. Развитие технологий автоматизации способствует совершенствованию систем релейной защиты, делая их более точными и адаптивными. Цель данной статьи – рассмотреть особенности и задачи автоматизации релейной защиты в распределительных сетях 6–35 кВ, а также изучить применяемые технологии и тенденции их развития. Ожидаемым результатом исследования является создание методологии для проектирования адаптивной релейной защиты с использованием интеллектуальных алгоритмов, а также разработка рекомендаций для применения цифровых устройств защиты в распределительных сетях.

Ключевые слова: автоматизация релейной защиты, распределительные сети 6–35 кВ, микропроцессорные реле, мониторинг и диагностика, адаптивная защита, надежность электроснабжения.

Распределительные сети напряжением 6–35 кВ являются промежуточным звеном между высоковольтными линиями и потребителями. Они обеспечивают передачу электроэнергии от подстанций до конечных потребителей, что накладывает на них особые требования к надежности и безопасности. Особенности таких сетей: разветвленность сети, высокая динамика нагрузки и разные условия эксплуатации [1]. Распределительные сети среднего напряжения имеют сложную топологию, с множеством ветвей, что затрудняет выявление аварийных ситуаций. Изменение нагрузки на распределительную сеть может существенно варьироваться в зависимости от времени суток, сезонности и характера потребления. Сети могут проходить через

различные территории с разными условиями эксплуатации, что требует гибкой настройки релейной защиты.

Эти особенности создают дополнительные трудности для проектирования систем релейной защиты, которые должны своевременно реагировать на любые отклонения от нормального режима работы сети.

Релейная защита (РЗ) должна обеспечивать быстрое и точное выявление неисправностей. В случае коротких замыканий или перегрузок система РЗ должна своевременно выявить неисправность и отреагировать для предотвращения повреждений оборудования и поддержания устойчивости сети. РЗ также должна разрывать цепь только в поврежденном сегменте сети, минимизируя влияние на здоровые участки. Одной из задач автоматизации является ограничение отключений в сети, особенно в случаях временных неисправностей. РЗ должна подстраиваться под меняющиеся условия работы сети, такие как изменения нагрузки, топологии и условий эксплуатации [2].

Современные технологии автоматизации в распределительных сетях 6–35 кВ включают: микропроцессорные реле, системы мониторинга и диагностики, системы дистанционного управления, алгоритмы адаптивной защиты [3].

Автоматизация релейной защиты в распределительных сетях 6–35 кВ обеспечивает ряд преимуществ. Удаленный мониторинг и диагностика позволяют сократить расходы на техническое обслуживание. Системы способны подстраиваться под изменяющиеся условия работы сети, поддерживая её стабильность. Автоматизация позволяет в реальном времени отслеживать состояние сети и принимать оперативные меры при обнаружении неисправностей [4].

Автоматизация релейной защиты в распределительных сетях 6–35 кВ представляет собой необходимое условие для повышения надежности и эффективности функционирования распределительных систем. Внедрение современных технологий, таких как микропроцессорные реле, позволяет достигать высокой точности, снижать затраты на эксплуатацию и повышать управляемость сетей. Продолжение исследований и разработок в этой области будет способствовать дальнейшему развитию автоматизации релейной защиты, что, в свою очередь, приведет к улучшению качества и надежности электроснабжения.

В данной статье рассмотрены особенности и задачи автоматизации релейной защиты в распределительных сетях 6–35 кВ, а также основные современные технологии, применяемые для повышения надежности и адаптивности систем защиты. Проведенный анализ показал, что внедрение

микропроцессорных реле, цифровых устройств защиты и управления, а также систем дистанционного мониторинга и диагностики способствует значительному увеличению быстродействия и точности релейной защиты. Полученные результаты подчеркивают актуальность дальнейших исследований в области разработки адаптивных решений для релейной защиты, что позволит повысить стабильность и надежность электроснабжения в распределительных сетях среднего напряжения.

Источники

1. Эксплуатация линий распределительных сетей систем электроснабжения / Е. Е. Привалов, А. В. Ефанов, С. С. Ястребов, В. А. Ярош. – Москва–Берлин : ООО "Директмедиа Паблишинг", 2018. – 1 с. – ISBN 978–5–4475–9695–8. – EDN VLVSTN.
2. Овсянников Максим Юрьевич Автоматизированная распределительная сеть 10 кВ // Вестник науки и образования. 2020. №11–1 (89). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizirovannaya-raspredelitel'naya-set-10-kv> (дата обращения: 27.10.2024).
3. Шарыгин Михаил Валерьевич, Вуколов Владимир Юрьевич, Петров Антон Александрович Разработка алгоритма автоматической адаптации параметров срабатывания многомерной интеллектуальной релейной защиты к конфигурации распределительных электрических сетей // Вестник НГИЭИ. 2020. №11 (114). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-algoritma-avtomaticheskoy-adaptatsii-parametrov-srabatyvaniya-mnogomernoy-intellektualnoy-releynoy-zaschity-k> (дата обращения: 27.10.2024).
4. Капитанова А. А., Ахтямов Р. Ф., Бурусов В. В. использование реклоузеров как автоматизированное управление распределительными сетями 6–10 кВ // Экономика и социум. 2018. №11 (54). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-reklouzerov-kak-avtomatizirovannoe-upravlenie-raspredelitel'nymi-setyami-6-10-kv> (дата обращения: 27.10.2024).

КЛАССИФИКАЦИЯ НИЗКОЧАСТОТНЫХ КОЛЕБАНИЙ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ И ПРИЧИНЫ ИХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ

Радивоевич А.В., Мустафин Р.Г.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

radivoevich1999@mail.ru, ramil.mustafin@gmail.com

В тезисе рассмотрено явление низкочастотных колебаний в энергосистеме. Приведено определение низкочастотных колебаний и их классификация. Приведены причины, приводящие к появлению низкочастотных колебаний, и описана связь между низкочастотными колебаниями и устойчивостью энергосистемы. Сделан вывод о необходимости мониторинга параметров низкочастотных колебаний и определения их источников.

Ключевые слова: низкочастотные колебания, электроэнергетическая система, частота, параметры режима, устойчивость.

Ввод новых генерирующих мощностей, изменение нагрузок во времени, выполнение оперативных переключений, отключение генераторных установок приводят к изменению свойств электроэнергетической системы, в результате чего возможен случай нарушения устойчивости энергосистемы за счет появления низкочастотных колебаний параметров режима [1]. При возмущениях (переключения, короткие замыкания) – возникают колебания частоты и мощности, которые медленные (период порядка 10 сек) и затухающие, но они затрагивают большую часть энергосистемы. Если в системе нет регулятора, который бы удерживал ускоряющиеся или замедляющиеся генераторы в допустимых пределах скорости, есть большая вероятность того, что эти генераторы выйдут из синхронизма. Возникновение НЧК в ЭЭС, а также их несвоевременное устранение при неблагоприятном исходе способно привести к каскадному отключению энергоустановок и разделению ЭЭС на изолированно работающие части [2]. Отслеживать параметры (например, постоянную частоты, сопротивление системы) энергосистемы можно при помощи синхронизированных векторных измерений [3]. При изменении состава агрегатов энергосистемы, а также изменении состава потребителей, постоянная частоты энергосистемы также меняется.

Низкочастотные колебания – периодические изменения параметров электроэнергетического режима с частотой от 0,01 Гц до 5 Гц,

возникающие в результате взаимного движения роторов синхронных машин и наличия источников вынужденных колебаний [4].

Низкочастотные колебания классифицируются по физической природе колебаний на системные и вынужденные [5].

Системные низкочастотные колебания – колебания, характеризующие динамические свойства генераторов, работающих синхронно в энергосистеме.

Вынужденные низкочастотные колебания – колебания, возникающие под воздействием внешних периодических сил. Источниками вынужденных колебаний являются некорректная работа регуляторов генераторов (АРВ, АРС и др.), периодические резкие изменения нагрузки промышленных производств, режимы работы возобновляемых источников энергии и нахождение гидрогенераторов в зонах нерекомендованной и ограниченной работы.

Системные низкочастотные колебания в свою очередь подразделяются на локальные и межсистемные.

Локальные низкочастотные колебания связаны с качанием агрегатов на генерирующей станции относительно остальной части энергосистемы (колебания одного генератора или группы генераторов одной станции) [6].

Межсистемные колебания – колебания, связанные с колебанием агрегатов в одной части энергосистемы и колебаниями агрегатов в других частях. Обычно эти колебания возникают в слабосвязанных энергосистемах с длинными линиями. Эти колебания представляют угрозу для устойчивости энергосистемы.

Таким образом, низкочастотные колебания необходимо выявлять в энергосистеме для обеспечения устойчивой работы энергосистем. Также требуется корректировка режимов работы ЛЭП (РЗ и А), генераторов, протоколов (алгоритмов) переключений в энергосети, с учетом возможных колебаний частоты и мощности, в каждой конкретной конфигурации энергетической сети.

Источники

1. Мацейко В.В. Демпфирование низкочастотных колебаний в энергосистеме // Научные труды Винницкого национального технического университета, 2014. С. 1–7.

2. Малькова Я.Ю., Уфа Р.А. Анализ низкочастотных колебаний в современных энергосистемах // XVI Всероссийская открытая молодежная научно–практическая конференция «Диспетчеризация и управление в электроэнергетике», Казань, 2022. С. 168–170.

3. Ramil G. Mustafin, Alexandr V. Radivoevich, Anna A. Granskaya Studying the Frequency Dynamics of the Power System and Determining the Constant Frequency Based on WAMS / 2024 International Russian Smart Industry Conference (SmartIndustryCon).

4. ОАО «СО ЕЭС» Концепция развития и применения технологии синхронизированных векторных измерений для повышения качества и надежности управления электроэнергетическим режимом ЕЭС России на период до 2020 года.

5. Опалев О.Л. Исследование системных межзональных низкочастотных колебаний параметров электрического режима ЕЭС России // Известия НТЦ Единой энергетической системы № 2 (79). Санкт-Петербург, 2018. С. 54–72.

6. K. Prasertwong, N. Mithulananthan, D. Thakur Understanding Low-Frequency Oscillation in Power Systems // International Journal of Electrical Engineering Education 47(3). 2010. С. 1–12.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ГАММА–СОГЛАСУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ СИГНАЛОВ ЛОКАЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ ЛЭП

Рахматуллин С.С.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

samatrakhmatullin@gmail.com

Науч. рук. доц. Минкин А.С.

Представляются ключевые этапы моделирования г–образного антенного устройства, выполненного из грозозащитного троса, которое может быть использовано для наведения высокочастотных сигналов в фазный провод ЛЭП.

Ключевые слова: электроэнергетика, локационный мониторинг, ВЛЭП, антенна, грозотрос, ВЧ сигналы.

Используя в качестве антенны грозозащитный трос, а в качестве объекта инъекции импульса один из фазных проводов ЛЭП, получим устройство с гамма–согласованием для наведения высокочастотного (ВЧ) сигнала, который может быть использован в целях локационного мониторинга воздушной электросети [1, 2]. Из Рис. 1 видим, что регулирование сигнала ВЧ волны возможно осуществить путем изменения диаметра и протяженности проводов, а также расстояния между ними [3].

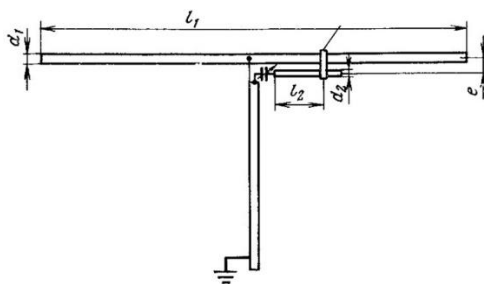


Рис. 1. Схема гамма–трансформирующего устройства [3]

Реализуем данную схему в программном виде с помощью создания соответствующей компьютерной модели. В качестве основного инструмента моделирования и выполнения расчетов используем программу PSCAD. Модель распространения локационных сигналов по реальной ЛЭП, эксплуатируемой в Татарстане, представлена на Рис. 2 [2].

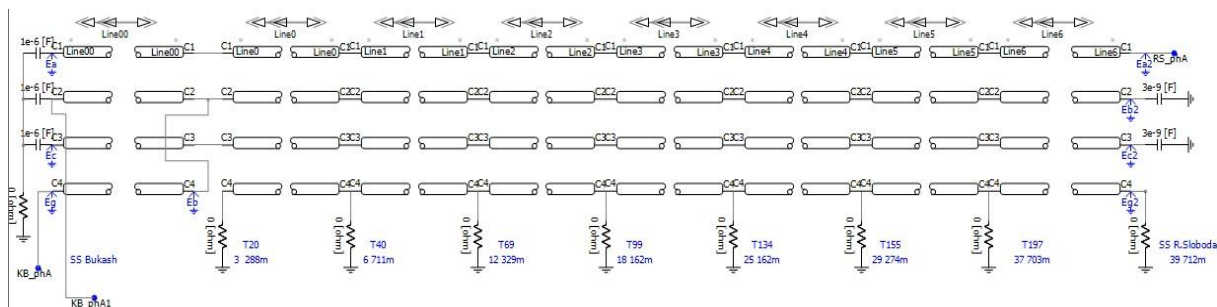


Рис. 2. Модель распространения локационных сигналов по ЛЭП в PSCAD [2]

Необходимо преобразовать данную модель в рассмотренную выше схему с г-образным согласующим устройством. Это возможно сделать путем отказа от использования аппаратуры присоединения: ВЧ заградителей, конденсаторов связи и фильтров присоединения. Отступим от левой подстанции на 300 метров с целью устранения нежелательных помех, и установим на данном участке (Line00 на Рис. 3) г-образную антенну, выполненную из протяженного вдоль ЛЭП грозотроса. Расстояние между грозотросом и фазным проводом для выполнения задачи наведения сигнала весьма велико, поэтому необходимо его уменьшить до нескольких единиц сантиметров, например, до пяти, поскольку данное значение является стандартным при установке г-образных антенн. Такую процедуру возможно осуществить путем разрыва кабеля грозозащиты и его подключения к фазе через некоторое активное сопротивление, значение которого по справочным данным примем 75 Ом. Далее необходимо подключить устройство для генерации локационного сигнала. Один конец (точка S1) генератора подключим к фазе А, а другой (точка S2) — к грозотросу. Сопротивление генератора выберем стандартно 100 Ом. Полученная в PSCAD модель гамма-согласованной антенной аппаратуры представлена на Рис. 3.

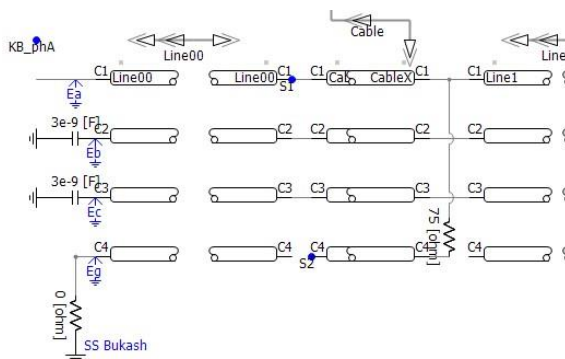


Рис. 3. Полученная модель антенны с гамма-согласованием в PSCAD

Данная схема подключения локатора в электротехнике и радиофизике называется шунтирующим согласованием [4]. Г-образное согласование с использованием подвешного локатора в виде штыревой антенны, выполненной из коаксиального кабеля, позволяет наводить ВЧ сигналы в фазные провода [3]. С помощью вольтметра выведем на осциллограмму результаты расчета обозначенной выше модели в PSCAD. На Рис. 4. представлены изменения диапазонов амплитуд наведенного в фазу А напряжения в относительных единицах с увеличением длины (l) грозотроса.

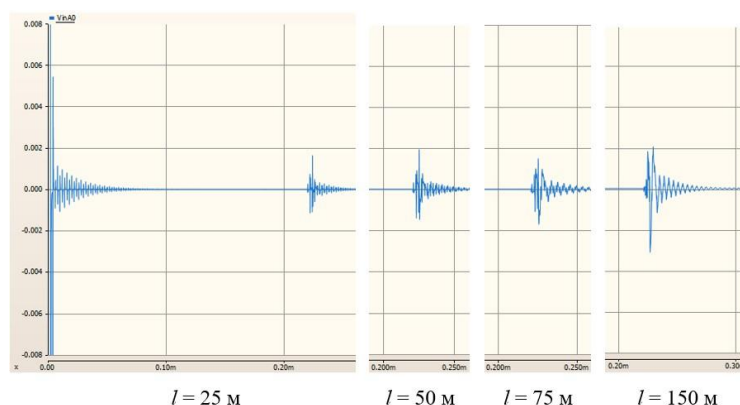


Рис. 4. Амплитуды наведенного сигнала при изменении значений параметра l

Предложенная схема подключения антенны через гамма-согласующую конструкцию является новым экономичным технико-технологическим решением наведения ВЧ сигналов в фазный провод. Результаты моделирования показали возможность получения данных сигналов, которые могут быть переданы в подстанционные устройства локационной диагностики технического состояния воздушных ЛЭП.

Источники

1. Рахматуллин С.С. Правила настройки современных устройств передачи аварийных сигналов и команд // Студенческий форум. 2024. № 13. С. 17–18.
2. Using the Location Method for Simulated-and-Experimental Location of Single-Phase-to-Earth Faults in Overhead Lines of 6 – 35 kV Distribution Networks / R. G. Minullin, E. Y. Abdullazyanov, Y. V. Piskovatsky [et al.] // Power Technology and Engineering. 2021. Vol. 54. No. 5. P. 733–739.
3. Wu H.N. et al. A Comment on "Short Low-and Medium-Frequency Antenna Performance" // IEEE Antennas and Propagation Magazine. 2021. Vol. 63. No. 1. P. 121–122.
4. Kim J., Bang J. Antenna impedance matching using deep learning // Sensors. 2021. Vol. 21. No. 20. P. 1–10.

ЛОКАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕМОНТНЫХ РАБОТ

Сабирзянов Б.К., Касимов В.А.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
qazbulatik@mail.ru
Науч. рук. проф. Минуллин Р.Г

В ходе эксплуатации комплекса локационного зондирования на действующих линиях электропередачи было выявлено возникновение выбросов измеряемых параметров рефлектограмм (затухания и запаздывания отраженных сигналов). Для выявления причин их возникновения были проанализированы экспериментальные данные локационного зондирования действующей ЛЭП 110 кВ «Кутлу Букаш – Рыбная Слобода». В результате анализа было установлено, что изменение конфигурации ЛЭП, например, ее отключение или вывод в ремонт вызывают искажение измеряемых параметров затухания и запаздывания отраженных локационных сигналов. Учет данного фактора при локационном зондировании позволит определять текущую конфигурацию ЛЭП и предотвратит ложные срабатывания при ее изменении.

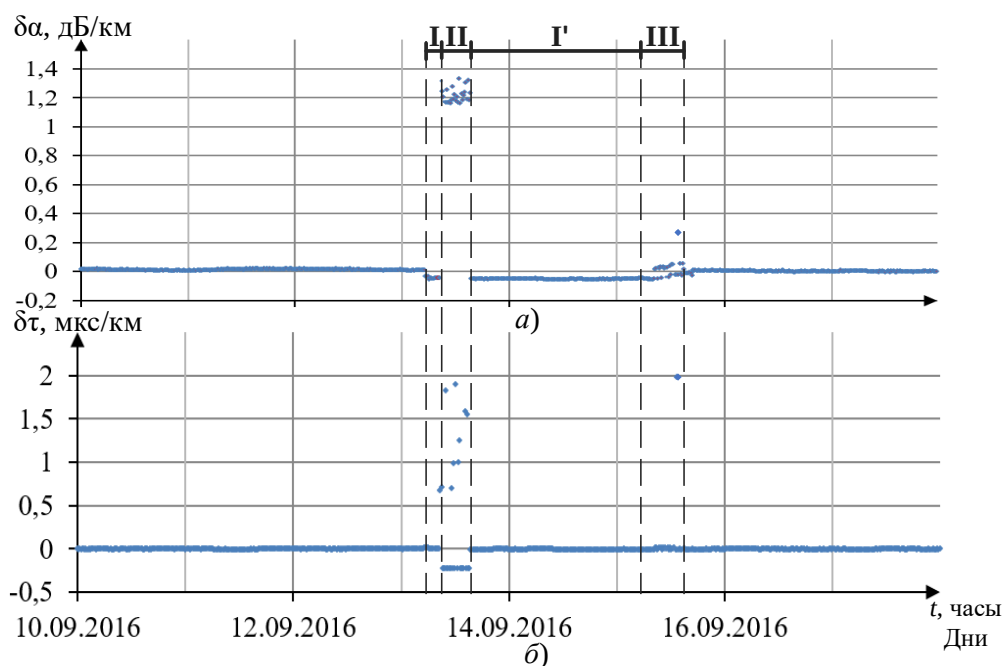
Ключевые слова: линия электропередачи, рефлектограмма, стабильность, затухание, запаздывание, выбросы.

Для диагностики состояния линии электропередачи может использоваться локационное устройство, позволяющее определять место повреждения и обледенение проводов. Повреждения воздушных линий электропередачи в виде обрывов проводов и коротких замыканий создают неоднородности волнового сопротивления ЛЭП, достигая которых локационные сигналы отражаются. Время, затраченное на распространение локационного сигнала до места повреждения и обратно, определяется расстоянием до места повреждения [1]. Гололед на проводах обнаруживается по изменению двух параметров: затухания и запаздывания, характеризующих изменения отраженного сигнала по сравнению с эталонной рефлектограммой, измеренной при рабочем (штатном) состоянии ЛЭП [2].

Разработанные в КГЭУ локационные комплексы внедрены и функционируют на действующих подстанциях, начиная с 2009 г. В ходе их эксплуатации была установлена долговременная стабильность рефлектограмм ЛЭП [3, 4], т.е. рефлектограммы, измеренные с промежутком в несколько лет при одинаковых состояниях окружающей

среды, конфигурациях и токовых нагрузках ЛЭП, не отличаются между собой. Однако было обнаружено возникновение кратковременных выбросов значений затухания и запаздывания отраженных локационных сигналов.

В работе рассматривается один из периодов с подобными выбросами, зафиксированными локационным устройством на действующей ЛЭП 110 кВ «Кутлу Букаш – Рыбная Слобода». На рисунке 1 представлены результаты измерений погонных затуханий $\delta\alpha$ и запаздываний $\delta\tau$ отраженных сигналов (далее затухание и запаздывание) за период с 10 по 17 сентября 2016 года.



Суточные изменения погонных затуханий $\delta\alpha$ (а) и запаздываний $\delta\tau$ (б) отраженных сигналов на проводах линии «Кутлу Букаш – Рыбная Слобода» за период с 10 по 17 сентября 2016 года

На графиках (рис. 1) можно видеть, что затухание и запаздывание большую часть времени имели значения близкие к нулю ($\pm 0,02$ дБ/км и $\pm 0,12$ мкс/км). Однако в период с 13 по 15 сентября наблюдались их скачкообразные изменения.

В результате анализа технологии переключений подстанции «Кутлу Букаш» и предварительного анализа рефлектограмм за данный период было выделено четыре состояния линии электропередачи:

1. Линия в рабочем (штатном) состоянии с 10 сентября до 4 ч. 39 мин. 13 сентября и с 15 ч. 29 мин. 15 сентября до 17 сентября, это состояние, характеризуется близкими к нулю значениями затухания и запаздывания;

2. Линия отключена с 5 ч. 09 мин. до 8 ч. 24 мин. 13 сентября и с 15 ч. 24 мин. 13 сентября до 8 ч. 14 мин. 15 сентября (области I и Г' на рис. 1), при этом затухание уменьшается примерно на 0,05 дБ/км, а запаздывание не изменяется;

3. Проведение первого этапа ремонтных (профилактических) работ в период с 8 ч. 39 мин. до 15 ч. 09 мин. 13 сентября (область II на рис. 1), в рамках которого производилось заземление фазных проводов ЛЭП и которое сопровождалось увеличением затухания более чем на 1,1 дБ/км и разбросом запаздывания более $\pm 0,2$ мкс/км;

4. Проведение второго этапа ремонтных (профилактических) работ в период с 8 ч. 29 мин. до 14 ч. 59 мин. 15 сентября (область III на рис. 1), в рамках которого производилось размыкание фазных проводов ЛЭП и которое сопровождалось либо увеличением затухания примерно на 0,1 дБ/км при неизменном запаздывании, либо увеличениями затухания до 0,3 дБ/км и запаздывания до 2 мкс/км.

Таким образом, наряду с ранее установленной стабильностью рефлектограмм ЛЭП при их измерении в одинаковых условиях по прошествии нескольких лет, могут наблюдаться их кратковременные искажения. Анализ экспериментальных данных показал, что искажения рефлектограмм вызваны изменениями конфигурации ЛЭП, например, отключением линии или ее выводом в ремонт, при которых меняются условия распространения локационных сигналов.

Учет влияния этого фактора при локационном зондировании позволит определять текущее состояние ЛЭП: рабочее или ремонтное, а также обеспечит корректное определение изменения параметров (затухания и запаздывания) отраженных сигналов при образовании гололедно–изморозевых отложений на проводах, предотвратив возможные ложные срабатывания, вызванные изменением состояния ЛЭП. Более того, возможность диагностирования локационным методом обесточенных ЛЭП позволит диспетчеру дистанционно контролировать ход ремонтных работ на трассе ЛЭП.

Источники

1. Минуллин Р.Г. Локационный мониторинг гололеда и повреждений на линиях электропередачи. Монография. 2022. 441 с.

2. Касимов В.А. Метод локационного мониторинга гололедообразования и повреждений на воздушных линиях электропередачи и программно–аппаратные комплексы для его реализации: дис. д–ра техн. наук Казань, 2019.

3. Минуллин Р.Г., Касимов В.А., Филимонова Т.К., Яруллин М.Р. Стабильность параметров отраженных локационных сигналов в

высокочастотном тракте линии электропередачи в режиме ожидания повреждений и гололедных отложений. Часть 1. Амплитуда отраженных сигналов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2014. № 5–6. С. 74–84.

4. Минуллин Р.Г., Касимов В.А., Филимонова Т.К., Яруллин М.Р. Стабильность параметров отраженных локационных сигналов в высокочастотном тракте линии электропередачи в режиме ожидания повреждений и гололедных отложений. Часть 2. Запаздывание отраженных сигналов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2014. № 7–8. С. 32–42.

АНАЛИЗ РАБОТЫ ЗАЩИТЫ ДАЛЬНЕГО РЕЗЕРВИРОВАНИЯ НА ВЛ 110 КВ С ОТПАЕЧНЫМИ ТРАНСФОРМАТОРАМИ ПРИ ПОДКЛЮЧЕНИИ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ

Сагиров В.Р.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

vildan.2001.1@gmail.com

Науч. рук. к.т.н. Исаков Р.Г.

Согласно современным требованиям, резервная релейная защита должна выполнять функцию дальнего резервирования [1]. В данной работе рассмотрены проблемы обеспечения дальнего резервирования на ВЛ 110 кВ с отпайками, в том числе при подключении промежуточного источника питания, а также описаны существующие методы решения указанных проблем. Дополнительно было проведено моделирование логики защиты дальнего резервирования с дальнейшей проверкой распознавания замыканий на стороне низшего напряжения маломощного трансформатора ответвительной подстанции линий электропередачи. Задача была усложнена наличием промежуточного источника питания на одной из отпаяк.

Ключевые слова: дальнее резервирование, релейная защита, чувствительность релейной защиты.

На данный момент существует целый список факторов, негативно влияющих на обеспечение дальнего резервирования в воздушных линиях 110 кВ с отпайками. В его состав входят проблемы, описанные в [2]:

- Мощная двигательная нагрузка (пусковой режим которой во время цикла АПВ может совпасть по своему значению с аварийным режимом работы);
- Подключение промежуточного источника питания к отпаечным трансформаторам (наличие данного источника уменьшает значение замера в месте установки защиты, что негативно влияет на ее чувствительность);
- Наличие батарей статических конденсаторов (далее БСК) (емкостная составляющая БСК является причиной снижения значения тока короткого замыкания, следовательно, чувствительность релейной защиты понижается);

- Бросок тока намагничивания (далее БТН) отпаечных трансформаторов (затухающий БТН может привести к ложному срабатыванию релейной защиты);

- Наличие переходного сопротивления в месте короткого замыкания (приводит к снижению чувствительности релейной защиты, особенно при коротком замыкании за маломощным отпаечным трансформатором с группой соединения обмоток звезда–треугольник);

- Высокое значение токов нагрузки (нередко при коротких замыканиях за маломощным трансформатором значение тока короткого замыкания, протекающего в месте установки защиты приблизительно совпадает со значением нагрузочного тока, что приводит к трудностям выявления подобных повреждений).

Существующие способы решения проблемы обеспечения дальнего резервирования релейными защитами на ВЛ 110 кВ с отпайками:

- Контроль ортогональных составляющих токов (сопротивлений) (данный способ позволяет выявить аварийные и нагрузочные режимы при относительно малой доле двигательной нагрузки);

- Контроль симметричных составляющих токов обратной и прямой последовательностей (данный метод позволяет выявить несимметричные повреждения при замыкании на стороне низкого напряжения трансформатора с разными группами соединения обмоток, нагрузочный режим почти не влияет);

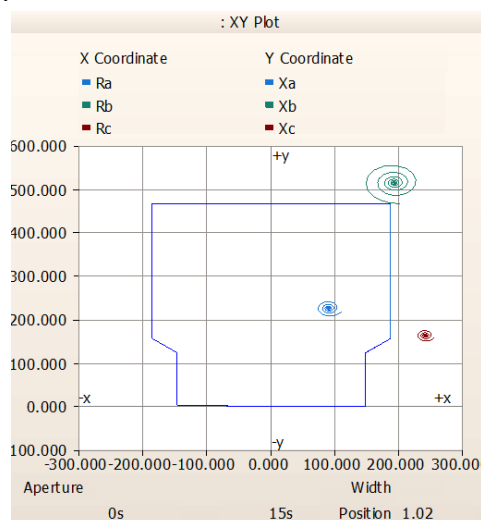
- Контроль аварийных составляющих, в том числе фазных токов и сопротивлений (отстроен от нагрузочного режима, однако необходимо учитывать приращения величин в цикле АВР, АПВ, а также при коммутациях БСК;

- Принцип наложения (позволяет осуществлять контроль предшествующего нагрузочного режима).

В настоящее время разработаны и внедрены на объекты электроэнергетики операционной зоны РДУ Татарстана высокочувствительные защиты дальнего резервирования [3, 4] от компаний ООО НПП «ЭКРА» и ООО НПП «Бреслер».

Для проверки распознавания замыканий на стороне низшего напряжения маломощного трансформатора ответственной подстанции линий электропередачи было проведено имитационное моделирование логики защиты дальнего резервирования. Модель с подключением промежуточного источника питания к отпаечному трансформатору была взята в [5]. Уставки срабатывания рассчитаны в соответствии с [6].

Результаты проведенного имитационного моделирования представлены на рисунке.



Годограф сопротивления при двухфазном КЗ за маломощным трансформатором.
Срабатывание ЗДР.

Таким образом, в данной работе были раскрыты основные проблемы обеспечения дальнего резервирования на ВЛ 110 кВ с отпайками, а также приведены существующие методы решений указанных проблем. Дополнительно было проведено имитационное моделирование логики срабатывания защиты дальнего резервирования, задача была усложнена наличием промежуточной подпитки на одном из отпаечных трансформаторов, дополнительно была проверена чувствительность указанной защиты к коротким замыканиям за маломощным отпаечным трансформатором. Защита сработала, требования нормативной документации в части выполнения функции дальнего резервирования выполняются.

Источники

1. Приказ Министерства Энергетики Российской Федерации от 13 февраля 2019 г. N 101 об утверждении требований к оснащению линий электропередачи и оборудования объектов электроэнергетики классом напряжения 110 кВ и выше устройствами и комплексами релейной защиты и автоматики, а также к принципам функционирования устройств и комплексов релейной защиты и автоматики.

2. Нагай И.В. Дальнее резервирование в сетях 6–110 кВ. Проблемы и решения. Режим доступа: <https://www.elec.ru/publications/tsifrovye-tekhnologii-svjaz-izmerenija/2745/> (Дата обращения: 25.10.2024)

3. Васильев Д.С., Еремеев Д.Г. Высокочувствительная защита дальнего резервирования линий электропередачи // Релейная защита и автоматика современных энергосистем: сб. докл. Междунар. конф., г. Чебоксары, 9–13 сентября 2007 г. М.: Науч.–инж. инф. агентство, 2009. С. 471–479.

4. Методика расчёта и выбора параметров настройки (уставок) и алгоритмов функционирования резервных защит в шкафу защит ШЭ2607 021. ООО НПП ЭКРА.

5. Сагиров В. Р. Моделирование двухмашинной энергосистемы в программной среде PSCAD. Самара: Изд–во журнала «Тенденции развития науки и образования», 2023. 107 с.

6. Методика расчета параметров настройки защиты дальнего резервирования линий 110–220 кВ с односторонним питанием на базе микропроцессорных устройств ООО НПП «Экра». ООО НПП ЭКРА.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИЗАЦИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ: АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Салихова Г.Р., Шарипов И.И.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
guzzelka.sal@gmail.com, sharipov.ii@mail.ru

В тезисе предложена современная методология релейной защиты и автоматизации в электроэнергетических системах, основанная на анализе передовых технологий и их применении в энергетической отрасли. Рассмотрены ключевые тенденции развития релейной защиты, включая цифровые реле и системы автоматизации, обеспечивающие надежность и безопасность энергоснабжения. Проанализированы проблемы внедрения новых решений и оценены перспективы их использования для повышения устойчивости и эффективности электроэнергетических сетей. Рассмотрено практическое применение микропроцессорных реле в автоматизированных системах управления.

Ключевые слова: релейная защита, автоматизация, электроэнергетические системы, надежность энергоснабжения, электрическая сеть, интеллектуальные системы, мониторинг, управление энергосетями, устойчивость сети.

Релейная защита представляет собой комплекс устройств и систем, предназначенных для автоматического выявления и локализации повреждений в электрических сетях и энергетическом оборудовании. Основной задачей релейной защиты является своевременное отключение поврежденных участков сети для предотвращения распространения аварийных ситуаций, а также минимизация последствий отказов оборудования. Принцип работы релейной защиты основан на измерении параметров электрической сети, таких как ток, напряжение, частота, мощность, и сравнении этих значений с установленными допустимыми пределами. Автоматизация в электроэнергетике неразрывно связана с релейной защитой, поскольку именно релейная защита играет ключевую роль в предотвращении аварийных ситуаций и автоматическом отключении поврежденных участков сети [1]. Взаимодействие релейной защиты и автоматизации выражается в следующем:

1. Цифровизация релейной защиты: с развитием цифровых технологий релейная защита перешла на использование

микропроцессорных реле, которые интегрированы в автоматизированные системы управления (АСУ). Это позволяет не только выполнять функции защиты, но и собирать и анализировать данные о состоянии сети в режиме реального времени [2].

2. Интеграция с системами мониторинга: современные системы автоматизации объединяют релейную защиту с системами мониторинга и диагностики. Релейные устройства получают информацию о состоянии различных участков энергосистемы, что позволяет оперативно реагировать на изменения параметров сети [2].

3. Автоматическое восстановление энергоснабжения: после отключения аварийного участка с помощью релейной защиты автоматизированные системы могут инициировать процессы восстановления энергоснабжения. Это может включать переподключение потребителей к резервным линиям или запуск резервных источников энергии.

4. Прогнозирование отказов и интеллектуальные системы: использование систем искусственного интеллекта и больших данных в автоматизации релейной защиты позволяет не только реагировать на аварийные ситуации, но и прогнозировать потенциальные отказы оборудования [4].

В будущем эти технологии продолжают развиваться в направлении более тесной связи с интеллектуальными сетями (Smart Grid), что повысит как надежность энергоснабжения, так и его эффективность.

Современные технологии релейной защиты значительно продвинулись благодаря внедрению цифровых и интеллектуальных решений, которые повышают надежность и эффективность работы электроэнергетических систем. Основное отличие современных релейных устройств от традиционных аналоговых систем заключается в использовании микропроцессоров и программного обеспечения для более точного анализа параметров сети и оперативного реагирования на изменения.

1. Микропроцессорные реле: одной из ключевых технологий является переход к использованию микропроцессорных реле. В отличие от старых электромеханических и аналоговых реле, цифровые реле обладают рядом преимуществ, таких как высокая точность измерений, быстрота обработки сигналов и возможность интеграции в автоматизированные системы управления (АСУ) [3].

2. Интеграция с системами автоматизации: современные релейные устройства часто интегрированы с системами автоматического управления

и мониторинга. Например, такие системы могут не только выявлять аварии, но и автоматически переключать линии электропередачи или запустить резервные источники питания [6].

3. Использование искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения: эти технологии позволяют анализировать большие массивы данных, собранных с датчиков и реле, выявлять скрытые паттерны, которые могут указывать на потенциальные неисправности, и принимать меры для предотвращения сбоев [4].

4. Удаленное управление и диагностика: современные реле могут дистанционно управляться и диагностироваться через системы связи. Это позволяет операторам энергосистем оперативно реагировать на изменения в сети, осуществлять диагностику и устранять неисправности без необходимости выезда на объект.

Будущее автоматизации в электроэнергетических системах связано с внедрением цифровых технологий, интеллектуальных сетей (Smart Grid) и алгоритмов искусственного интеллекта. Микропроцессорные реле и системы прогнозирования отказов помогут оперативно выявлять неисправности и предотвращать аварии. Развитие удаленного управления и мониторинга повысит эффективность эксплуатации энергосетей, ускорит восстановление после аварий и снизит риск сбоев. Автоматизация станет основой для повышения надежности и устойчивости энергоснабжения, делая управление энергосистемами более гибким и эффективным [5].

Практическое применение микропроцессорных реле в автоматизированных системах управления: предположим, что на одной из линий электропередачи произошло повреждение. Микропроцессорное реле мгновенно фиксирует отклонение параметров сети (например, понижение напряжения или короткое замыкание) и передает данные в центральную систему управления. Далее, по сигналу от реле, происходит автоматическое отключение поврежденного участка, чтобы предотвратить распространение аварии. Централизованная система управления получает информацию о состоянии сети и инициирует действия по восстановлению энергоснабжения, переключая потребителей на резервную линию. Это не только ускоряет процесс восстановления, но и минимизирует потери электроэнергии и снижает риски для оборудования.

Источники

1. Хачатуров, Р. Л. Релейная защита и автоматика энергосистем / Р. Л. Хачатуров, С. Н. Гришин. – М.: Энергоатомиздат, 2003. – 536 с.

2. Смирнов, В. К. Цифровая релейная защита и автоматика: учебное пособие / В. К. Смирнов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2016. – 480 с.
3. Петров, И. С. Релейная защита и её интеграция с системами мониторинга энергосистем / И. С. Петров. – СПб.: Наука, 2020. – 310 с.
4. Глухов, С. Н. Интеллектуальные технологии релейной защиты и их применение в энергосистемах / С. Н. Глухов, Е. П. Кузнецов. // Вестник энергетики. – 2020. – № 2. – С. 34–40.
5. Жуков, В. Н. Автоматизация управления электроэнергетическими системами / В. Н. Жуков, С. И. Нестеров. – М.: Энергия, 2017. – 380 с.
6. Кузнецов, Н. М. Автоматизация релейной защиты в интеллектуальных сетях (Smart Grid) / Н. М. Кузнецов. // Электрические сети и системы. – 2019. – № 4. – С. 38–46.

СРАВНЕНИЕ ВРЕМЕНИ ДО НАСЫЩЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА С ВТОРИЧНЫМ НОМИНАЛЬНЫМ ТОКОМ 1А И 5А

Сиразев М.Р.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

msirazev@mail.ru

В тезисе рассматривается проблема времени до насыщения трансформаторов тока. Время до насыщения зависит от номинального вторичного тока трансформатора тока и определяется согласно ГОСТ Р 58669–2019. На примере двух трансформаторов тока с различными вторичными токами показано, что трансформатор тока с вторичным током 5А насыщается быстрее, чем трансформатор тока с вторичным током 1А.

Ключевые слова: трансформаторы тока, время до насыщения, остаточная намагниченность, коэффициент трансформации, короткое замыкание.

Каждый объект электроэнергетики, будь то подстанция или электростанция, проходит через этап проектирования. Это также относится и к релейной защите этих объектов. В частности – правильному расчету и выбору трансформаторов тока (далее – ТТ).

Существуют несколько критериев, по которым проверяют ТТ. К ним относят:

- проверка на 10% погрешность;
- проверка по отсутствию опасных перенапряжений во вторичной цепи ТТ;
- определение времени до насыщения.

Третий критерий является относительно новым и определение времени до насыщения проводится недавно. Это связано с произошедшей в 2014 году аварией на Ростовской АЭС. Причиной была излишняя работы ДЗШ ПДЭ–2006 IV СШ 500 кВ из-за насыщения ТТ В–50. В некоторых случаях подобного рода излишняя работа защит может стать причиной существенных изменений режимов и параметров сети [1].

Насыщение ТТ приводит к искажению формы кривой тока, дополнительным погрешностям по коэффициенту трансформации и углу. Искривленная форма кривой тока способствует к появлению токов небаланса в дифференциальных схемах, что критически важно для данных защит, в то время как грешности по коэффициенту трансформации и углу

заставляют ложно срабатывать дистанционные и направленные защиты [2].

Основными причинами насыщения ТТ являются наличие:

- остаточной намагниченности;
- апериодической составляющей [3].

Остаточная намагниченность может возникать при измерении сопротивления обмотки ТТ постоянному току во время испытания, а также при воздействии токов короткого замыкания (далее – КЗ) в процессе эксплуатации ТТ [3].

На магнитный поток в сердечнике и степень его близости к насыщенному состоянию намагниченности большое влияние оказывают значения апериодической составляющей тока КЗ. Большая величина апериодической составляющей характерна для сетей вблизи генерирующих станций и потребителей с большой индуктивной нагрузкой [3].

Каждый производитель предъявляет свои требования к времени до насыщения ТТ, так как в общем случае это связано с применяемым алгоритмами и компонентами в составе терминала. Однако, методика расчета времени до насыщения ТТ всегда одна [4]. Известно, что время до насыщения ТТ в большей степени зависит от его номинального вторичного тока. Это легко показать на примере. Имеем два ТТ с первичным током 600А и классом точности 10PR, которые будут подключаться к терминалу защиты кабелями длиной 100 метров из меди сечением 2,5 квадратных миллиметра. Проверку будем проводить при трехфазном КЗ с величиной тока 12410А без учета остаточной намагниченности. Результаты расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1

Расчетные параметры ТТ с номинальным вторичным током 1А и 5А

Номинальный вторичный ток, А	1	5
Активное сопротивление обмотки, Ом	1,029	0,272
Реактивное сопротивление обмотки, Ом	0,455	0,082
Параметр режима А, о.е.	21,134	1,92
Номинальное полное сопротивление вторичной нагрузки $Z_{2\Sigma\text{ном}}$, Ом	21,098	1,071
Полное сопротивление ветви вторичного тока $Z_{2\Sigma}$, Ом	1,639	0,822
Время до насыщения $t_{\text{нас}}$, с	не насыщается	0,005291

Как видно время до насыщения для ТТ с вторичным током 5А составляет 0,005291 секунд или 5,291 миллисекунд, в то время как ТТ с аналогичными параметрами, но с вторичным током 1А в тех же условиях не насыщается и время до его насыщения равно бесконечности.

Это можно объяснить следующим образом. Известно, что ТТ крайне негативно реагируют на размыкание вторичной обмотки, иными словами – величину сопротивления, которая к ней подключена, ведь, по сути, холостой ход – это нагрузка с бесконечным сопротивлением. Величину вторичной нагрузки, при которой ТТ гарантируется класс точности и предельная кратность называют номинальной вторичной нагрузкой [5]. Выражается в Омах.

Номинальная вторичная нагрузка зависит от двух параметров: от номинальной вторичной мощности ТТ, выраженной в В·А, и номинального вторичного тока, причем зависимость от тока является квадратичной. Сравнивая ТТ с одинаковыми номинальными мощностями, как в нашем случае, можно сказать, что у трансформатора с вторичным током в 1А номинальная вторичная нагрузка может быть в 25 раз больше! То есть, такой ТТ в разы менее требователен к сопротивлению вторичной цепи, благодаря чему значительно облегчается его работа при трансформации токов КЗ. Двигаясь к концу расчета такое весомое преимущество, конечно, «сглаживается», но все равно остается на высоком уровне, что также видно по расчету.

После проведения расчета делают заключение о годности использования ТТ совместно с тем или иным терминалом релейной защиты. Например, время до насыщения ТТ с вторичным током 5А получилось 5,291 мс. Этого вполне достаточно для выполнения функции дифференциальных защит шин и трансформаторов, так как требование к времени до насыщения у таких защит составляет 3–5 мс [2]. Для дистанционных защит, которые работают в условиях точного согласования, требование к времени до насыщения составляет примерно 10 мс. Чтобы использовать ТТ с вторичным током 5А нужно будет увеличить сечение контрольного кабеля до 16 квадратных миллиметров. При этом время до насыщения увеличится всего лишь на 5,058 миллисекунд и составит 10,349 миллисекунд. Однако, в случае удаленности расположения общеподстанционного пункта управления от ТТ такая хитрость как увеличение сечения контрольного кабеля не подойдет.

Таким образом, время до насыщения ТТ важно для правильной работы релейной защиты. В условиях протяженности контрольных

кабелей и больших значений апериодической составляющей тока КЗ предпочтение следует отдавать ТТ с номинальным вторичным током 1А.

Источники

1. Султанова Г.И., Гавриленко А.Н. Использование коммуникационных технологий для построения системы релейной защиты // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике. 2022. С. 45–48.
2. Добродеев К.М., Добродеев М.К., Рыбин Д.В. Расчет защитных трансформаторов тока и их вторичных цепей // Релейная защита и автоматизация. 2012. № 2. С. 16–27.
3. Сивков А.С., Щеглов Л.В., Ведерников Г.А., Петрова О.В., ООО «Эльмаш (УЭТМ)». Дополнительные параметры трансформаторов тока для обеспечения надежной работы сети // Энергоэксперт. 2018. № 3. С. 44–47.
4. ГОСТ Р 58669–2019. Релейная защита. Трансформаторы тока измерительные индуктивные с замкнутым магнитопроводом для защиты. Методические указания по определению времени до насыщения при коротких замыканиях. М., 2020. 63 с. (Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы).
5. Королев Е.П., Либерзон Э.М. Расчеты допустимых нагрузок в токовых цепях релейной защиты. М.: Энергия, 1980. 208 с.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В СИСТЕМАХ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ

Хамидуллин С.А.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

thorshtane@ya.ru

Науч. рук. доц. Будникова И.К.

В статье рассматривается применение методов машинного обучения в разработке и функционировании в электроэнергетических системах релейной защиты. Особое внимание обращается на использование алгоритмов машинного обучения по индикации аварийных ситуаций, что способствует повышению оперативности реагирования на нарушения целостности электроэнергетических систем.

Ключевые слова: машинное обучение, энергетические системы, аварийные ситуации.

Как известно, релейная защита является одним из ключевых компонентов обеспечения безопасности и стабильности работы электроэнергетических систем. Релейная защита является ключевым компонентом электрической автоматики, необходимым для обеспечения стабильной работы энергосистем, предотвращения повреждений силового оборудования и минимизации последствий при авариях [1].

В процессе работы релейная защита непрерывно контролирует защищаемые элементы, чтобы своевременно обнаружить возникшее повреждение или отклонение в работе энергосистемы и адекватно среагировать на это. В аварийных сценариях основная задача релейной защиты – распознавание и изоляция неисправного участка посредством управления силовыми коммутационными аппаратами, предназначенными для разрыва токов повреждения, таких как короткое замыкание или замыкание на землю.

Таким образом, указанные системы позволяют обеспечивать бесперебойную работу энергосистемы, тем самым повышая ее эффективность и возможность минимизации повреждений при аварийных ситуациях. Однако в настоящее время традиционные системы релейной защиты сталкиваются с рядом ограничений, связанных с их фиксированными настройками и неспособностью адаптироваться к

динамическим изменениям в сети, что в результате может привести к серьезным аварийным ситуациям, способным полностью дестабилизировать работу того или иного предприятия. В частности, ошибки технического персонала, износ и техническая деградация оборудования может привести к вышеуказанной проблеме.

Так, согласно статистическим данным Системного оператора единой энергетической системы показало, что с 31 декабря по 1 января 2024 года в 4,22% случаев происходили ошибки в срабатывании релейной защиты в аварийных ситуациях, что обусловлено «с неприятием или несвоевременным принятием необходимых мер по продлению срока службы или замене аппаратуры релейной защиты и ее вспомогательных элементов (19,26%), ошибочными или неправильными действиями персонала (12,59%), а также невыполнением установленного нормативно–техническими документами объема регламентных работ по техническому обслуживанию (9,26%)» [2].

Таким образом, введение релейной защиты с использованием алгоритмов машинного обучения может позволить минимизировать эти риски возникновения указанных ограничений за счет адаптации защиты в режиме реального времени, улучшения надежности системы, а также сокращения числа ложных срабатываний при возникновении аварийных ситуаций.

Релейная защита тесно интегрирована с другими видами электрической автоматики, что обеспечивает непрерывную работу энергосистем и стабильное электроснабжение потребителей. В настоящее время область релейной защиты активно развивается и расширяется, включая применение микропроцессорного оборудования и компьютерного софта не только для защиты, но и для комплексного управления оборудованием и всей системой. Главный недостаток таких систем заключается в жесткости их настроек и неспособности адаптироваться к изменениям конфигурации сети или условиям эксплуатации. Так, классические алгоритмы имеют ряд проблем при классификации той или иной аварийной ситуации, а именно по невозможности однозначного разграничения различных аварийных ситуаций, что может быть обусловлено взаимным проникновением областей короткого замыкания в область других, ложные срабатывания системы, и т.д., что в результате может привести к негативным последствиям.

В результате, настройки защиты могут оказаться неподходящими при изменении условий работы. Помимо этого из–за жестких порогов

возможны ситуации, когда система срабатывает в условиях, не представляющих угрозы для работы сети.

На сегодняшний день современные методы машинного обучения предлагают широкий спектр решений для автоматизации процессов анализа и классификации данных. Под машинным обучением следует понимать методику анализа данных для построения математических моделей, обучаемых для решения определенных задач [3–5]. Особенностью данных моделей является не решение какой-либо задачи напрямую, а обучение на ряде сходных задач, что делает возможным ее применение к новым ситуациям. Такой подход обеспечивает возможность адаптации и улучшения модели по мере увеличения объема доступных данных.

В качестве примера можно рассмотреть алгоритмы, которые обучаются на основе данных о предыдущих авариях и оптимизируют параметры срабатывания для предотвращения аналогичных событий в будущем. Использование моделей прогнозирования, таких как временные ряды (LSTM), позволяет системе не только реагировать на изменения, но и на основе исторических данных предсказывать их.

Одним из ключевых вопросов является интеграция релейных защит на основе машинного обучения в уже существующие электроэнергетические системы. Для этого необходимо разработать гибридные системы, в которых традиционные методы защиты будут дополняться алгоритмами машинного обучения. По нашему мнению, такой подход позволяет использовать существующие активы и инфраструктуру, одновременно повышая их эффективность и адаптивность.

Таким образом, применение технологий машинного обучения в релейной защите электроэнергетических систем открывает новые горизонты для повышения их надежности и устойчивости.

Источники

1. Релейная защита: определение, функции и принципы работы/ URL <https://i-mt.net/relejnaya-zashhita-opredelenie-funktsii-i-printsipy-raboty/>(дата обращения: 23.10.2024).
2. Результаты функционирования устройств РЗА в ЕЭС России в первом квартале 2024 года. URL <https://bs-normativ.ru/news/read/predstavleny-rezultaty-funkcionirovaniya-ustroystv-rza-v-es-rossii-v-pervom-kvartale-2024-goda/novosti-energetiki> (дата обращения: 23.10.2024).

3. Илюшин Л. С., Торпашёва Н. А. Технологии искусственного интеллекта как ресурс трансформации образовательной практики // Ярославский педагогический вестник. 2024. № 3 (138). С. 62–71.

4. Латыпов Т.И., Будникова И.К. Влияние кибербезопасности на функционирование релейной защиты в электроэнергетике // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике: материалы Международной молодежной научно–практической конференции. Казань, 2023, С. 538–540.

5. Будникова И.К., Латыпов Т.И. Киберзащита критической информационной инфраструктуры: анализ эффективных методов защиты от кибератак // Цифровые системы и модели: теория и практика проектирования, разработки и применения: материалы Национальной (с международным участием) научно–практической конференции. Казань. 2024. С. 1333–1335

ТЕХНОЛОГИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ДЛЯ ВИРТУАЛЬНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ И ОТЛАДКИ СИСТЕМ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ

Щербенев Н. А.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

kolasi0978@mail.ru

Науч. рук. доц. Гавриленко А. Н.

В статье рассматривается применение технологии цифровых двойников в энергетике, в частности для тестирования и отладки систем релейной защиты. Показано, что виртуальное тестирование на базе цифровых двойников имеет ряд преимуществ перед физическими испытаниями, а интеграция цифровых двойников в процессы эксплуатации и модернизации оборудования позволяет повысить эффективность управления этими ответственными системами. Представлены перспективные направления развития технологии цифровых двойников, связанные с их интеграцией с передовыми цифровыми технологиями и расширением областей применения в энергетической отрасли.

Ключевые слова: цифровые двойники, релейная защита, тестирование, отладка, мониторинг, диагностика, модернизация, искусственный интеллект, Интернет вещей, Big Data.

Цифровые двойники (ЦД) представляют собой виртуальные модели физических активов, процессов или систем, которые синхронизированы с их реальными аналогами. Применение данной технологии приобретает особую важность в энергетике, где необходимо обеспечивать высокую надежность и безопасность энергоснабжения. ЦД позволяют анализировать режимы работы энергетических объектов, выявлять уязвимости и оптимизировать их функционирование. Примерами применения цифровых двойников в энергетике являются моделирование электростанций, подстанций и линий электропередачи, виртуальное тестирование новых технологических решений, а также прогнозирование режимов работы и оптимизация эксплуатационных параметров [1].

Виртуальное тестирование на базе цифровых двойников имеет ряд существенных преимуществ перед традиционными полевыми испытаниями. Во-первых, оно дает возможность моделировать различные аварийные и нештатные режимы работы энергосистемы без риска

нарушения ее функционирования. Во-вторых, виртуальное тестирование позволяет значительно сократить временные и финансовые затраты по сравнению с физическими испытаниями, а также обеспечивает безопасность персонала при тестировании критически важных систем защиты. На этапе виртуального тестирования осуществляется моделирование различных аварийных режимов, оценка работоспособности и чувствительности устройств релейной защиты, выявление и устранение ошибок в логике их функционирования, а также анализ эффективности алгоритмов срабатывания [2].

Одним из ключевых направлений является мониторинг состояния и диагностика оборудования систем релейной защиты. Цифровые двойники, синхронизированные с реальными объектами, дают возможность отслеживать актуальное состояние устройств, выявлять признаки их износа или отклонения от нормального функционирования. Это, в свою очередь, позволяет заблаговременно планировать обслуживание и проводить своевременную замену оборудования, предупреждая аварийные ситуации [3]. Виртуальные модели позволяют моделировать различные сценарии модернизации, оценивать их эффективность и выбирать оптимальные технические решения, что повышает обоснованность инвестиционных программ в этой области.

Технология цифровых двойников в энергетике находится на этапе активного развития и демонстрирует значительный потенциал для дальнейшего совершенствования и расширения областей применения [4]. Одним из основных направлений эволюции цифровых двойников является их интеграция с другими передовыми цифровыми технологиями. Алгоритмы машинного обучения и интеллектуального анализа данных позволяют выявлять скрытые закономерности и взаимосвязи, формировать прогнозы и рекомендации для оптимизации работы энергетических систем.

Кроме того, интеграция цифровых двойников с технологиями Интернета вещей и Big Data позволит обеспечить непрерывный сбор, обработку и анализ больших объемов данных, поступающих от физических активов, и синхронизировать их с виртуальными моделями [5]. Это даст возможность поддерживать цифровые двойники в актуальном состоянии, повысить точность их прогнозирования и расширить спектр решаемых задач.

Таким образом, интеграция цифровых двойников с передовыми цифровыми технологиями, а также распространение их использования на все сферы энергетической отрасли будут определять основные тренды

развития данной концепции в ближайшем будущем. Это позволит перейти к качественно новому уровню управления энергетическими системами, основанному на комплексном использовании виртуальных моделей и интеллектуальных алгоритмов принятия решений.

Источники

1. Боровков А.И., Марусева В.М., Рябов Ю.А. «Умные» цифровые двойники — основа новой парадигмы цифрового проектирования и моделирования глобально конкурентоспособной продукции нового поколения // Трамплин к успеху. – 2018.

2. Чичев С.И., Методология проектирования цифровой подстанции в формате новых технологий / С.И. Чичев, В.Ф. Калинин – М.: Изд. дом «Спектр», 2014. – 228 с.

3. Моя Энергия [Электронный ресурс]
URL:<https://www.myenergy.ru/professional/2022/zachem-ehnergetike-cifrovye-dvoyniki/>

4. РОССЕТИ [Электронный ресурс] URL:
<https://www.rosseti.ru/upload/iblock/1da/2igrtje3suvjhgtjr8ubv5v7jauxqinl.pdf?ysclid=m2s323qr5e308224049>

5. Электронный научно–практический журнал «Современные научные исследования и инновации» [Электронный ресурс] URL: <https://web.snauka.ru/issues/2022/06/98404>

6. Губаев Д.Ф. проекты цифровизации в энергосистеме республики татарстана / Губаев Д.Ф., Губаева О.Г., Губаев Т.Д. // Экономика строительства. 2024. № 5. С. 78–80.

ЛОКАЦИОННАЯ ДИАГНОСТИКА ВОЗДУШНЫХ ЛЭП С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОДВЕСНЫХ ДАТЧИКОВ

Якупов А.Ф.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

aydar_yakupov_2016@mail.ru

Науч. рук. доц. Касимов В.А.

Представляются актуальные аспекты применения современных датчиков, подвешиваемых на провода воздушных ЛЭП, для задач локационного мониторинга и диагностики технического состояния электросетей.

Ключевые слова: электрические сети, воздушные линии, диагностика, локационное зондирование, датчики.

В настоящее время эксплуатация воздушных линий электропередачи (ВЛЭП) сопряжена со множеством рисков, включая опасность возникновения коротких замыканий, обрыва проводов, механических повреждений, негативных атмосферных воздействий. Данные угрозы требуют качественной реализации мер по диагностике и мониторингу ВЛЭП, что обуславливает актуальность применения эффективных способов наблюдения и анализа технического состояния электросети, примером чего являются современные методы локационного зондирования.

Сегодня локационная диагностика ВЛЭП играет важную роль в обеспечении надежности и безопасности функционирования энергосистем. Определение места повреждения на ВЛЭП локаторами дает возможность персоналу электросетевых организаций оперативно реагировать на аварийные ситуации в электроэнергетическом секторе, а также позволяет минимизировать потери электроэнергии и способствует значительному сокращению времени ремонта критического электрооборудования [1].

Для реализации задач локационной диагностики электросетей могут применяться подвесные датчики — специальные устройства, устанавливаемые на опорах ВЛЭП или закрепляемые на проводах. Такие датчики способны фиксировать:

1) механическое состояние проводов, опор и подвесной изоляции (деформации, трещины, деградация материала, поверхностные загрязнения);

- 2) электрические параметры (напряжение, ток, частота, мощность);
- 3) внешние климатические условия (температура, влажность, скорость ветра, наличие обледенений);
- 4) вибрацию и шумы, которые могут указывать на наличие повреждения на ВЛЭП.

Наиболее распространенными видами подвесных датчиков являются: тензодатчики для измерения изменения длины и формы проводов ВЛЭП; электромагнитные датчики для фиксирования магнитных полей, генерируемых электрическим током; ультразвуковые датчики для контроля состояния изоляции; температурные сенсоры [2].

В последние годы наблюдается тенденция совмещения отдельных по функциональности датчиков в единый комплекс устройств, примером чего является система мониторинга и диагностики DiLin, разработанная отечественной компанией «Димрус». DiLin состоит из трех элементов:

1. DiLin–Sensor — первичные датчики, устанавливаемые непосредственно на проводах контролируемой ВЛЭП. Они регистрируют информацию о техническом состоянии электрических линий.
2. DiLin–Observer — локальный центральный модуль системы мониторинга, предназначенный для сбора данных с датчиков. Модули монтируются на земле на обеих сторонах ВЛЭП. Они транспортируют локационную информацию в компьютер системы.
3. Комплекс DiLin–iNVA — программное обеспечение верхнего уровня, объединяющее информацию от локальных узлов DiLin–Observer и реализующее функцию диагностики ВЛЭП [3, 4].

Система DiLin монтируется на подстанционной территории в месте входа в нее ВЛЭП. Связанное с датчиками техническое оборудование располагается в монтажном шкафу со степенью защиты IP65. В системе используются конденсаторы связи для реализации задач фиксирования и регистрации разрядных процессов. Количество применяемых для контроля ВЛЭП конденсаторов зависит от количества электрических проводов в сети. В шкафу устанавливается специальный коммутатор для подключения генератора импульсов к каждой фазе. Коммутатор позволяет осуществлять общую регистрацию усредненных рефлектограмм линий [5].

Основными преимуществами локационной диагностики ВЛЭП с использованием подвесных датчиков, в том числе устройств DiLin, являются:

- высокая точность локализации мест возникновения дефектов вдоль линий;

- возможность комплексного анализа функционирования систем транзита электроэнергии;
- функция прогнозирования изменений технического состояния сети;
- надежность эксплуатации ввиду отсутствия у модулей сенсоров гальванической связи с высоким напряжением;
- отсутствие необходимости технического вмешательства в конструкцию ВЛЭП [6].

Таким образом, применение надземных датчиков является инновационным технико–технологическим решением в области локационной диагностики ВЛЭП. Анализ показал, что активное развитие датчиков, подвешиваемых на провода электросетей, и их интеграция с мощными аналитическими инструментами способствуют повышению общей эффективности эксплуатации электроэнергетических систем.

Источники

1. Способы подключения аппаратуры локационного мониторинга к воздушным линиям электропередачи / Р. Г. Минуллин, А. А. Гранская, Э. Ю. Абдуллазянов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2024. Т. 26. № 3. С. 16–32.
2. Ferreira H., Hooijen O. Power line communications: an overview // Transactions of the South African Institute of Electrical Engineers. 2021. Т. 86. С. 145–161.
3. Структура системы неразрушающего контроля параметров высоковольтных ЛЭП / В. М. Степанов, С. В. Ершов, В. Ю. Непомнящий, А. О. Шарлай // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021. № 12. С. 16–20.
4. Байденков Р.А. Системы мониторинга и диагностики технического состояния воздушных линий // День науки: Материалы XXIX науч. конф. Амурского государственного университета. Благовещенск, 2020. С. 57–58.
5. Рахматуллин С.С. Правила настройки современных устройств передачи аварийных сигналов и команд // Студенческий форум. 2024. № 13. С. 17–18.
6. Location Monitoring with Determining the Location of Damage and the Current Performance of Overhead Power Lines / R. G. Minullin, I. G. Akhmetova, V. A. Kasimov, A. A. Piunov // Power Technology and Engineering. 2023. Т. 57. С. 145–152.

ОСОБЕННОСТИ ВОДОПЕННОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ АВТОТРАНСФОРМАТОРОВ

Ялалова А.К.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

alsualalova@gmail.com

Науч. рук. доц. Губаев Д.Ф.

Представляются ключевые аспекты применения современного способа пожаротушения силового трансформаторного оборудования с последовательным использованием тонкораспыленной воды и пены низкой кратности.

Ключевые слова: энергоустановка, электрооборудование, подстанция, автотрансформатор, пожаротушение.

Пожарная безопасность электроустановок — важная задача в области эксплуатации энергосистем и развития энергетической инфраструктуры. Автотрансформаторы, как и многие другие виды силового электрооборудования, используемого в системах передачи и распределения электроэнергии, подвержены риску возгораний. Во многом это обусловлено особенностями их конструкции, позволяющей эффективно преобразовывать напряжение при высоких токах, процесс чего нередко сопровождается перегревом внутренних компонентов данных устройств [1].

К основным причинам возгорания автотрансформаторов можно отнести: 1) перегрев изоляции, вызванный избыточной нагрузкой или нарушением воздухообмена; 2) короткие замыкания, приводящие к искрению; 3) краткосрочные перегрузки, возникающие в результате колебаний нагрузки; 4) неисправность системы охлаждения; 5) нарушение герметизации и износ составных компонентов оборудования. Пожары, вызванные вышеперечисленными факторами, могут привести к разрушению автотрансформаторов и взаимосвязанного с ним электрооборудования, прерыванию электроснабжения потребителей и угрозе жизни персонала электросетевых организаций [2].

Для защиты автотрансформаторов от возгораний в настоящее время применяются различные традиционные и инновационные технико–технологические решения, различающиеся друг от друга как принципом функционирования, так и способом пожаротушения: 1) системы

распыления воды (специальные оросители и разнонаправленные распылители); 2) пенные противопожарные системы; 3) устройства тушения с использованием углекислого газа; 4) аэрозольные системы устранения возгораний; 5) установки порошкового пожаротушения [2].

Основные способы борьбы с огнем на территориях, где размещено трансформаторное оборудование, заключаются во внедрении и эксплуатации специальных установок распыления воды или пены. Оба метода предполагают наличие беспрепятственного доступа к большому объему воды. В ситуациях, когда доступ к воде ограничен, используют газовые или порошковые системы [2].

В настоящее время также активно применяется водопенное пожаротушение, подразумевающее двухступенчатую методику устранения огня с использованием тонкораспыленной воды и пены низкой кратности. В течение первых пяти минут пленкообразующая пена обеспечивает охлаждение оборудования и прекращает доступ кислорода к очагу возгорания. Далее в течение получаса осуществляется интенсивное охлаждение электротехнической установки с помощью подачи мелкодисперсной воды. Этот метод тушения направлен не только на снижение температуры и локализацию огня, но также на минимизацию вредных выборов — токсичных газов, выделяемых при горении [3].

При проектировании систем водопенного пожаротушения необходимо учитывать следующие факторы: габариты, мощность и расположение автотрансформатора, а также тип применяемого в нем изоляционного масла для выбора подходящих пенообразующих агентов [3].

Существующие системы водопенного пожаротушения подразделяются на ручные, автоматические и комбинированные. Актуальным и перспективным направлением в энергетике является разработка и внедрение автоматических систем, способных оперативно срабатывать при первых признаках пожара. Примером автоматического противопожарного устройства является универсальный водопенный насадок (УВПН) дренчерного орошения «Антифайер» (см. рисунок) [3].



Внешний вид корпуса УВПН «Антифайер» [3]

Данный ороситель сертифицирован на соответствие ГОСТ Р 51043–2002 «Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Оросители. Общие технические требования. Методы испытаний». Ороситель «Антифайер» представляет собой устройство для получения как сплошных, так и распыленных струй воды. Распыление пены осуществляется в рамках нормированных показателей равномерности орошения в различных диапазонах давлений [3].

К основным преимуществам водопенного пожаротушения автотрансформаторов, в том числе устройства «Антифайер», можно отнести высокую эффективность предотвращения возгораний, безопасность для персонала и окружающей среды, возможность использования в закрытых помещениях. Из недостатков специалисты выделяют необходимость регулярного обслуживания и ограниченную эффективность в условиях наличия сильного очага возгорания, стремительно распространяющегося на большие по площади территории [3].

Таким образом, водопенное пожаротушение — современный аналог традиционных систем противопожарной защиты силового электрооборудования. Анализ литературы показал, что применение распыленной воды с добавлением пены низкой кратности является надежным методом защиты трансформаторных подстанций. Последующие работы будут посвящены сравнительному анализу эффективности эксплуатации устройств водопенного устранения возгораний.

Источники

1. Губаев Д.Ф., Губаева О.Г., Губаев Т.Д. Перспективы роста энергоэффективности в России // Финансовые рынки и банки. 2024. № 3. С. 348–351.
2. Рахматуллин С.С. Исследование интеграции мер по предотвращению аварий в энергосистеме и обществе // Ресурсосберегающие технологии в контроле, управлении качеством и безопасности : сб. науч. тр. X Междунар. конф. Томск, 2022. С. 184–187.
3. Аксенов С.Г., Синагатуллин Ф.К., Багышев Д.Э. Пожарная безопасность на силовых трансформаторах // Современные проблемы пожарной безопасности: теория и практика (FireSafety 2020): Матер. II Всеросс. науч.–практ. конф. Уфа, 2020. С. 66–75.

НАПРАВЛЕНИЕ 3: ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ

УДК 621.313

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТА ВОЗДУШНОГО ЗАЗОРА НА СИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯХ В ЭЛЕКТРОМОБИЛЯХ

Акмалов Ф.И., Хуснутдинов А.Н., Фархутдинов И. Р.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

akmalfan25@gmail.com, khusnutdinov.an.kgeu@mail.ru

В статье исследуется влияние неоднородных воздушных зазоров на работу синхронных двигателей с постоянными магнитами, используемых в электромобилях. Рассматриваются типичные неисправности, возникающие в таких двигателях, включая механические неисправности, такие как эксцентриситет. С помощью программного обеспечения Ansys Maxwell моделируется и проводится анализ влияния воздушного зазора в двигателе. Исследование показывает, что неравномерный воздушный зазор, несмотря на его возможное появление в процессе производства, может оказывать различное влияние на производительность двигателя.

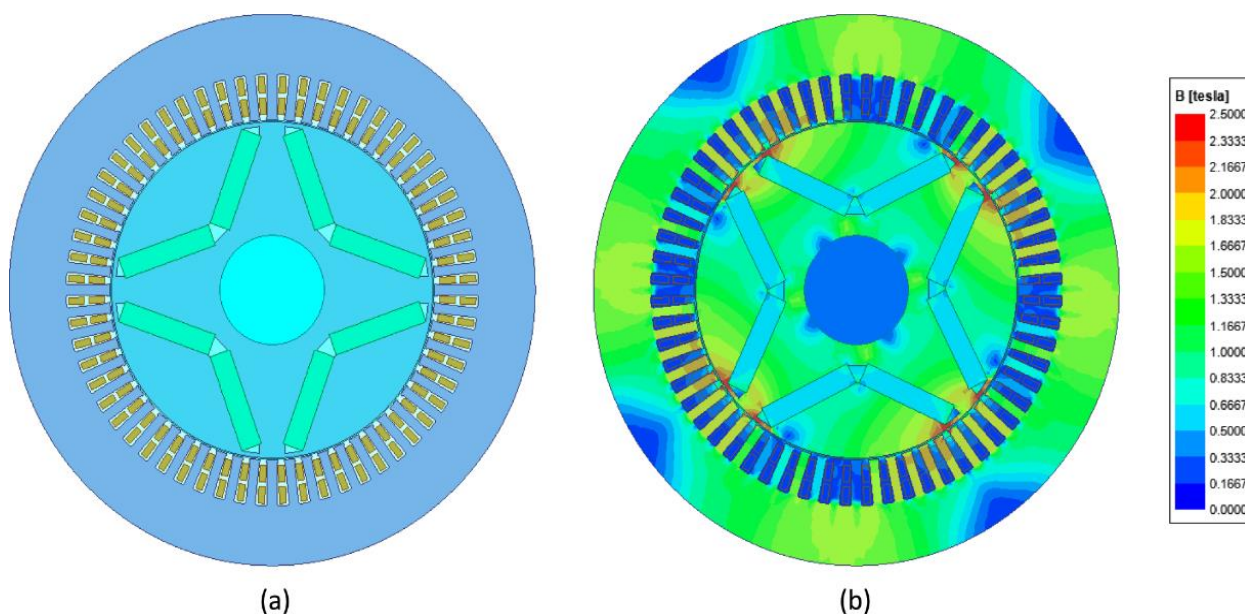
Ключевые слова: электродвигатель, воздушный зазор, ротор, эксцентриситет.

Синхронные двигатели с постоянными магнитами широко используются в промышленности благодаря своей высокой эффективности, высокому соотношению мощности к объему, высокому соотношению момента к току, простоте управления, лучшим динамическим характеристикам, простой конструкции и легкости в обслуживании по сравнению с электромагнитно возбуждаемыми двигателями. Механические неисправности могут включать повреждения подшипников и эксцентриситет. Однако 80% механических неисправностей вызваны эксцентриситетом.

В последние годы эксцентриситет воздушного зазора или неоднородный зазор в синхронных двигателях может быть производственным дефектом, но он, как правило, принимается как 10% от номинального воздушного зазора. Когда ротор находится на оси вращения, но минимальное положение воздушного зазора вращается вместе с ротором, как в случае динамического эксцентриситета, это также указывает на неоднородный воздушный зазор (эксцентриситет зазора) [1].

Учитывая все эти факторы, важно исследовать методы обнаружения и диагностики эксцентриситетов в двигателях, используемых в электромобилях с высокими требованиями к производительности и комфорту, и оценить их влияние на производительность. В контексте этой проблемы, программа Ansys Maxwell поможет нам в предотвращении и решении проблем, связанных с влиянием эксцентриситета воздушного зазора на различные конструкции ротора.

Синхронный электродвигатель (см. рисунок), спроектированный и смоделированный для применения в электромобилях, имеет выходную мощность 240,7 кВт и номинальный фазный ток 887 А. Номинальный крутящий момент эталонного двигателя составляет 459 Нм, а номинальная частота вращения – 5010 об/мин. Среди указанных характеристик двигателя – внешний диаметр 254 мм и длина в осевом направлении 152 мм [2, 3].



Синхронный электродвигатель (а) 2D–модель, (б) распределение плотности магнитного потока.

В таблице приведены параметры двигателя, полученные в результате анализа исправного эталонного двигателя и роторов с неравномерной степенью воздушного зазора.

Влияние воздушного зазора на параметры двигателя

Параметры двигателя	Нормальная и неравномерная степень воздушного зазора (%)				
	Нормальная	25%	50%	75%	100%
КПД (%)	96.71	96.77	96.68	96.63	96.57
Мощность (кВ)	240.7	237.8	241.8	243.7	245.6
Крутящий момент (Нм)	459	453.3	460.9	464.6	468.2
Пульсация крутящего момента (%)	3.88	4.07	3.67	3.55	3.37

Соответственно, при рассмотрении исправного двигателя, его эффективность увеличивается при неравномерном воздушном зазоре с эксцентриситетом 25%, но снижается при 50% и более. Что касается выходной мощности мотора, то при эксцентриситете 25% она ниже, чем у исправного двигателя, в то время как при других степенях выходная мощность превышает показатели нормального. Аналогично выходной мощности, крутящий момент уменьшается при 25% по сравнению с исправным двигателем, но увеличивается при 50% и более. При этом пульсации крутящего момента максимальны при 25%, а по мере увеличения степени пульсации уменьшаются и становятся ниже, чем у исправного мотора [4, 5].

В заключение, данное исследование изучает влияние неоднородных воздушных зазоров на работу синхронного электродвигателя, предназначенных для электромобилей. Результаты показывают, что эффективность роторов обычно снижается с увеличением эксцентриситета. Однако выходная мощность, как правило, увеличивается с увеличением эксцентриситета. Кроме того, наблюдается снижение пульсаций крутящего момента, что подчеркивает потенциальные преимущества использования роторных конструкций с неоднородными воздушными зазорами.

Источники

1. Яшагина А. В. Анализ оценки показателей надежности электроподвижного состава городского электротранспорта // Тинчурунские чтения–2022" Энергетика и цифровая трансформация". – 2022. – С. 388–390.

2. Pavlov P. et al. Testing digital instruments and power systems devices // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2020. – Т. 216. – С. 01063.
3. Федорова Н. Н., Вальгер С. А., Данилов М. Н., Захарова Ю. В. Основы работы в ANSYS 17. – М.: ДМК Пресс, 2017. 210 с.
4. Da, Y. et al. A new approach to fault diagnostics for permanent magnet synchronous machines using electromagnetic signature analysis. IEEE Trans. Power Electron. 28(8), 4104–4112. (2013).
5. An Approach to Determining the Integrated Reliability of Technical Systems at the Development Stage / R. Litvinenko, A. Auhadeev, A. Khusnutdinov [et al.] // Lecture Notes in Mechanical Engineering. – 2022. – P. 83–94.

ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ В СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Али Н.К., Петров Т.И.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

tobac15@mail.ru

Солнечная энергетика является одной из ключевых областей, способствующих переходу к устойчивому развитию и снижению углеродного следа. Одним из методов, способных сделать солнечные системы более эффективными и экономичными, является топологическая оптимизация. Этот подход к проектированию активно применяется в различных отраслях для создания конструкций с минимальным количеством материала и максимальной прочностью. В данной статье рассмотрим актуальность, направления и перспективы применения топологической оптимизации в солнечной энергетике.

Ключевые слова: топологическая оптимизация, солнечная энергетика.

Топологическая оптимизация — это метод расчета и проектирования, при котором происходит оптимизация распределения материала в конструкции для получения заданных свойств [1].

Применение топологической оптимизации в солнечной энергетике обусловлено несколькими факторами:

- Повышение энергетической эффективности.
- Снижение затрат на производство и эксплуатацию.
- Повышение устойчивости к внешним воздействиям.
- Адаптация к условиям сложного рельефа и ветровых нагрузок.

Основные направления применения топологической оптимизации в солнечной энергетике.

Проектирование опорных и монтажных конструкций. Поддерживающие и каркасные системы для солнечных панелей могут быть оптимизированы для снижения веса и использования материалов без ущерба для прочности. Это позволяет снизить стоимость установки, а также упростить процесс транспортировки и монтажа.

Оптимизация систем охлаждения солнечных панелей. Повышение температуры фотоэлектрических элементов снижает их эффективность [2]. С помощью топологической оптимизации можно разработать охлаждающие системы, которые увеличивают циркуляцию воздуха и

уменьшают накопление тепла, не требуя дополнительного энергопотребления.

Создание эффективных трекеров для солнечных панелей. В системах слежения за солнцем подвижные механизмы позволяют панелям менять угол наклона в зависимости от положения солнца, что увеличивает их выработку энергии [3]. Топологическая оптимизация дает возможность создавать трекеры, более устойчивые к нагрузкам и при этом требующие меньше энергии для функционирования.

Проектирование фотоэлектрических модулей. Топологическая оптимизация может помочь оптимизировать структуру солнечных ячеек для повышения поглощения света. Например, создание специальных наноструктур на поверхности панелей позволяет снизить отражение и увеличить светопоглощение, что повышает эффективность модуля [4].

Разработка анкерных и монтажных систем для ветроопасных территорий. Для районов с высоким ветровым воздействием устойчивость конструкций солнечных панелей имеет критическое значение. Оптимизация каркасов и креплений позволяет уменьшить сопротивление ветру, увеличивая стабильность и долговечность систем.

Преимущества топологической оптимизации в солнечной энергетике.

Применение топологической оптимизации в солнечной энергетике предоставляет ряд важных преимуществ:

Снижение себестоимости солнечных систем. Использование меньшего количества материалов при той же прочности конструкции приводит к значительному снижению затрат на производство.

Повышение производительности. Оптимизированные системы охлаждения и более эффективные солнечные трекеры повышают выработку энергии и снижают потери.

Устойчивость к неблагоприятным условиям. Легкие и прочные конструкции лучше выдерживают ветровые и снеговые нагрузки, что делает их более устойчивыми и долговечными.

Снижение углеродного следа. Меньший расход материалов и снижение затрат на транспортировку делают солнечные установки более экологичными.

Перспективы и вызовы.

Топологическая оптимизация имеет значительные перспективы в солнечной энергетике, однако есть и определенные вызовы, связанные с её применением:

Необходимость в вычислительных мощностях. Топологическая оптимизация требует сложных расчетов и высокопроизводительных компьютеров, что может быть дорого для небольших предприятий.

Требования к специальным материалам и технологиям. Оптимизированные конструкции могут потребовать применения новых материалов или технологий, которые не всегда доступны на рынке [5].

Несмотря на эти вызовы, использование топологической оптимизации открывает широкие возможности для повышения эффективности и экономичности солнечных систем. С каждым годом инструменты и технологии топологической оптимизации совершенствуются, и, вероятно, в будущем её применение станет более доступным для всех участников рынка солнечной энергетики.

В условиях растущего спроса на возобновляемые источники энергии топологическая оптимизация становится одним из ключевых факторов, способствующих развитию и массовому внедрению солнечных технологий, и её актуальность будет только возрастать.

Источники

1. Petrov, T. Theoretical aspects of optimization synchronous machine rotors / T. Petrov, A. Safin // E3s Web of Conferences, Prague, Czech Republic, 14–15 мая 2020 года. Vol. 178. – Prague, Czech Republic: EDP Sciences, 2020. – P. 01049. – DOI 10.1051/e3sconf/202017801049.
2. Петров, А. Р. Комплексный подход к исследованию функциональных параметров низковольтных коммутационных аппаратов / А. Р. Петров, Е. И. Грачева // Электрические станции. – 2023. – № 11(1108). – С. 29–36. – DOI 10.34831/EP.2023.1108.11.004.
3. Adaptive control system of the pumping unit / A. N. Tsvetkov, A. R. Safin, I. V. Ivshin [et al.] // International Journal of Engineering and Advanced Technology. – 2019. – Vol. 8, No. 5 Special Issue 3. – P. 289–291. – DOI 10.35940/ijeat.E1064.0785S319.
4. Thermal Model of a Linear Electric Machine / A. Safin, A. Kopylov, R. Gibadullin [et al.] // Proceedings – 2019 1st International Conference on Control Systems, Mathematical Modelling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA 2019, Lipetsk, 20–22 ноября 2019 года. – Lipetsk: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2019. – P. 426–428. – DOI 10.1109/SUMMA48161.2019.8947532.
5. Исследование качества функционирования электрических аппаратов низкого напряжения в составе электротехнических комплексов / Э. Ю. Абдуллазянов, Е. И. Грачева, А. Н. Горлов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2021. – Т. 23, № 6. – С. 3–15. – DOI 10.30724/1998–9903–2021–23–6–3–15.

ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Ахмедгалиев Н.Р., Наумов О.В.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
nail.a16@icloud.com¹, 311670@list.ru²

В статье рассмотрено пожарная опасность электроустановок. Неправильная эксплуатация электрооборудования может привести к возникновению пожара, что отрицательно скажется на электроснабжении потребителя.

Ключевые слова: пожар, электроустановка, пожарная опасность, электроэнергия, электроснабжение.

По статистике, каждый год в Российской Федерации возникает более 20% пожаров из-за нарушения правил устройства и эксплуатации электроустановок. Данная причина является самой распространенной среди пожаров. Наиболее частым нарушением выявлено нарушение правил эксплуатации проводов и кабелей [1].

Наличие горючего изоляционного материала в электроустановке обуславливает повышенную пожарную опасность. К горючей изоляции относятся: обмотки электрических машин, трансформаторов, проводов, кабелей. Пожарная опасность кабеля объясняется образованием источника зажигания во время эксплуатации [2].

Серьезной угрозой является пожарная опасность электроустановок, потому что из-за неправильной эксплуатации может возникнуть пожар. Рядом причин, которые способствуют пожарной опасности являются [3]:

- перегрузка электрической цепи – приводит к перегреву проводов и компонентов;

- короткое замыкание – возникновение высокой температуры, искр;

- поврежденные, старые провода – поврежденная или изношенная изоляция;

- недостаточная вентиляция – из-за недостатка вентиляции может возникнуть перегрев электрооборудования;

- неправильная эксплуатация – к сети подключено большое количество устройств, чем допустимо;

- отсутствие обслуживания – при регулярном техническом обслуживании выявляются потенциальные проблемы до возникновения пожара [4].

На предприятиях существует ряд мероприятий, профилактических мер, которые подразделяются на организационные, эксплуатационные, технические и режимные. Для того, чтобы обеспечить пожарную защиту на предприятии применяют [5]:

- производится установка системы пожарной сигнализации, автоматического пожаротушения, на рабочих местах средства первичного пожаротушения;

- проведение регулярных проверок и тестирования систем пожарной безопасности;

- проводится регулярное обучение сотрудников правилам пожарной безопасности и проведение тренировочных учений в экстренной ситуации;

- регулярное обновление и разработка планов эвакуации зданий;

- постоянная проверка электрического оборудования на предмет перегревов, коротких замыканий;

- соблюдение всех норм и правил пожарной безопасности, установленных законодательством.

Для того, чтобы предотвратить пожарную опасность в электроустановках, очень важно соблюдать правила безопасности, регулярно проводить проверку и обслуживать электрооборудование, также своевременно проводить обучение персонала по правильной эксплуатации электроустановок.

Источники

1. Давлетбаева, Д.Д. Факторы пожарной опасности электрооборудования и электроустановок / Д. Д. Давлетбаева // Студенческий форум. – 2021. – № 7(143). – С. 13–15. – EDN MSIKEL.

2. Генбач Н.А., Умбеткулов Е.К. Электрические сети и системы. Конспект лекций для студентов специальности 5В081200 – Энергообеспечение сельского хозяйства. – Алматы: АУЭС, 2016. – 68 с.

3. Костин В.Н., Распопов Е.В., Родченко Е.А. Передача и распределение электроэнергии: Учеб. пособие. – СПб.: СЗТУ, 2003 – 147 с.

4. Варенов, А. А. Некоторые способы сбережения материальных и энергетических ресурсов в электроаппаратостроении / А.А. Варенов, В.В. Максимов, О.В. Воркунов // Научно–технический вестник Поволжья. – 2023. – № 6. – С. 227–229.

5. Пожарная опасность электроустановок [Электронный ресурс] <https://studfile.net/preview/8839852/page:43/> (дата обращения 28.06.2024).

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ В СФЕРЕ АВТОМАТИЗАЦИИ ОСВЕЩЕНИЯ

Бакирова Р.Р., Денисова А.Р.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

r.bakirova2017@yandex.ru, denisova_ar@mail.ru

В работе рассматриваются функции существующих систем автоматизации освещения городских пространств. Определены достоинства и недостатки рассматриваемых систем автоматического управления освещением. Представлена функциональная схема автоматизированной системы освещения.

Ключевые слова: освещение, системы автоматизации, город, система освещения.

В настоящее время достаточно большое внимание уделяется системам автоматизации в различных областях энергетики и промышленности. Необходимо отметить, что автоматизация является одним из направлений энергосбережения, так как при помощи отлаженных алгоритмов работы той или иной системы можно меньше расходовать электроэнергию и повысить точность любого процесса.

Данное аналитическое исследование по теме магистерской диссертации посвящено изучению существующих технических решений в области автоматизации уличного освещения.

Выделим основные функции автоматизированных систем управления освещением:

- поддержание освещённости определённой площади на заданном уровне: для поддержания освещённости можно использовать фотоэлемент, который осуществляет анализ уровня освещённости помещения или улицы. После анализа уровня освещённости отдаётся сигнал о регулировании мощности светильника на плату питания;
- учёт естественного уровня освещённости: данная функция практически идентична прошлой и реализация функции выполняется посредством работы того же фотоэлемента. Но необходимо выделить одну особенность: фотоэлемент учитывает не только естественную освещённость, но и искусственную. Это позволяет повысить энергоэффективность системы до 40% [1];

– учёт времени суток, дня недели и светового времени: современные системы автоматизации, основанные на микроконтроллерах, или устройствах с подключением к серверам позволяют повысить мобильность и эффективность системы освещения. Во время резкого изменения светового дня (период лето–осень) данная функция системы демонстрирует высокую энергоэффективность;

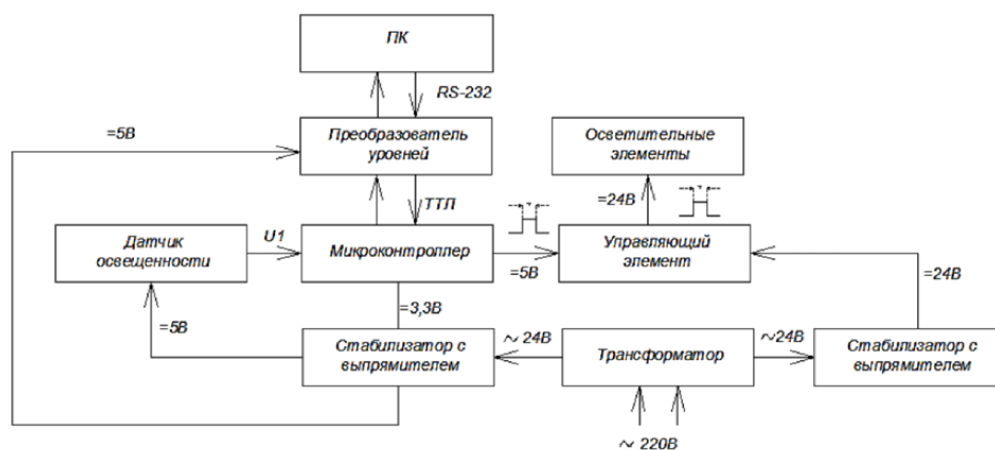
– возможность дистанционного управления освещением: во многих системах освещения реализована функция включения–отключения светильников из центра управления или при участии постоянно присутствующего оперативного персонала на подстанции [2].

Если рассматривать существующие системы управления освещением, то они делятся на несколько видов:

1. Локальные – такие системы не требуют большого количества проводов, имеют малые габариты. Эта система реализована в малом корпусе, который закрепляется непосредственно на самом светильнике. Используются в одиночных системах освещения. В качестве достоинства можно выделить возможность точечной автоматизации. Недостатки следующие: ограниченное количество светильников, необходимость прокладки отдельного количества кабелей управления к каждой группе светильников, невозможность повышения функциональности и отсутствие возможности управления освещением в режиме реального времени;

2. Централизованные – эти системы построены на более сложных архитектурах: микропроцессоры с возможностью многоканального управления светильниками. Подобные технические решения как правило работают в совокупности с прочими системами зданий: телефонная связь, система безопасности, вентиляции и др. Среди достоинств данной системы можно выделить следующее: возможность управления в автоматическом и ручном режиме; контроль за каждым светильником – управление отдельными участками светильников;

3. Комплексные – это совокупность локальной и централизованной автоматизированной системой освещения. Данные многоуровневые системы практически лишены упомянутых недостатков, за исключением одного: внушительные финансовые затраты на стадии монтажа и установки. Но в дальнейшем данные системы позволяют снизить эксплуатационные затраты. Комплексная система автоматизированного освещения представлена в следующем виде (см. рисунок) [3].



Функциональная схема системы управления освещением

Такая система позволяет управлять отдельными участками улицы или производственной площади, устанавливать различную интенсивность света и существенно экономить электроэнергию за счёт использования микропроцессорной техники.

Подводя итоги, можно сказать, что внедрение автоматизированных систем во многие комплексы, требующие большого количества электроэнергии оправданно с точки зрения экономики и энергоресурсоэффективности.

Источники

1. Пенджиев, А. М. Автоматизированные системы эффективного управления уличным освещением / А. М. Пенджиев, Э. С. Овезмырадов, Ш. С. Овезова // Вопросы науки. – 2022. – № 4. – С. 80–91. – EDN LDCHNP.
2. Петров, Ю. С. Разработка структуры автоматизированной системы управления уличным освещением в горных районах / Ю. С. Петров, А. А. Соколов, И. В. Минченко // Наука сегодня: реальность и перспективы : Материалы международной научно–практической конференции, Вологда, 27 февраля 2019 года. – Вологда: ООО "Маркер", 2019. – С. 27–30. – EDN YZXLQT.
3. Мещерякова, А. А. Автоматизированная система управления наружным освещением / А. А. Мещерякова, Д. О. Рекечинский // Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе : Материалы международной научно–практической конференции, Воронеж, 09–10 июня 2020 года. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2020. – С. 354–357. – EDN UQMXGL.

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА НА ОСНОВЕ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ НА МАЛЫХ ГЭС

Балобанов Р.Н., Атласов Д.П.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
rassel_ipek@mail.ru

Системы мониторинга на основе Интернета вещей (IoT) представляют собой перспективную технологию, которая активно внедряется в энергетическую отрасль для повышения эффективности и надежности работы оборудования. В докладе рассматривается применение IoT-систем для малых гидроэлектростанций (ГЭС), которые играют важную роль в обеспечении энергетической устойчивости, особенно в удаленных регионах. Описаны основные принципы работы IoT-систем, их функциональные возможности и преимущества. Особое внимание уделено практическим примерам использования IoT для мониторинга состояния оборудования, прогнозирования неисправностей и оптимизации технического обслуживания. Доклад также затрагивает перспективы интеграции IoT с искусственным интеллектом (ИИ) и цифровыми двойниками.

Ключевые слова: интернет вещей (IoT), малые ГЭС, мониторинг оборудования, прогнозирование неисправностей, искусственный интеллект, цифровые двойники, энергетическая устойчивость.

Малые гидроэлектростанции (ГЭС) являются важным элементом энергетической инфраструктуры, особенно в удаленных и труднодоступных регионах. Они обеспечивают экологически чистое производство энергии и способствуют снижению выбросов парниковых газов. Однако эффективность работы малых ГЭС во многом зависит от состояния их оборудования, включая генераторы, турбины и системы управления [1]. В условиях ограниченных ресурсов и сложности доступа к объектам особую актуальность приобретают технологии, позволяющие оптимизировать эксплуатацию и снижать затраты на техническое обслуживание [2].

Интернет вещей (IoT) представляет собой одну из таких технологий. IoT-системы позволяют интегрировать множество датчиков, установленных на оборудовании, в единую сеть для сбора, передачи и анализа данных в режиме реального времени [3]. В докладе

рассматриваются возможности применения IoT-систем для мониторинга малых ГЭС, их преимущества и перспективы развития.

Основные принципы работы IoT-систем.

1. Датчики и сенсоры. На оборудовании малых ГЭС устанавливаются датчики, которые измеряют ключевые параметры, такие как вибрация, температура, давление, влажность, электрические характеристики (напряжение, ток, мощность) и состояние изоляции [4].

2. Передача данных. Собранные данные передаются через беспроводные или проводные сети (например, Wi-Fi, LoRaWAN, Zigbee) на центральный сервер или облачную платформу.

3. Анализ данных. С помощью алгоритмов машинного обучения и искусственного интеллекта (ИИ) данные анализируются для выявления аномалий, прогнозирования износа оборудования и планирования профилактического обслуживания [5].

4. Визуализация и уведомления: Результаты анализа отображаются на панелях мониторинга, доступных операторам станции. В случае обнаружения критических отклонений система отправляет уведомления для принятия оперативных мер.

Применение IoT-систем для малых ГЭС.

1. Мониторинг состояния оборудования. IoT-системы позволяют непрерывно отслеживать состояние генераторов, турбин и других компонентов оборудования. Это помогает своевременно выявлять неисправности и предотвращать аварии.

2. Прогнозирование неисправностей. Использование алгоритмов машинного обучения позволяет прогнозировать износ оборудования и планировать техническое обслуживание. Это снижает затраты на ремонт и увеличивает срок службы оборудования.

3. Оптимизация технического обслуживания. IoT-системы позволяют перейти от планового к прогнозному техническому обслуживанию, что повышает эффективность использования ресурсов.

4. Удаленный мониторинг. Операторы могут контролировать состояние оборудования из любой точки мира, что особенно важно для малых ГЭС, расположенных в труднодоступных регионах. Основные принципы создания цифровых двойников

Перспективы развития.

1. Интеграция с искусственным интеллектом: IoT-системы могут быть интегрированы с алгоритмами искусственного интеллекта для повышения точности прогнозов и автоматизации процессов управления.

2. Цифровые двойники: IoT-системы могут быть использованы для создания цифровых двойников, которые позволяют моделировать работу оборудования в различных условиях.

3. Расширение функциональности: в будущем IoT-системы могут быть использованы не только для мониторинга, но и для управления всей энергосистемой, включая распределение энергии и интеграцию с возобновляемыми источниками.

4. Снижение стоимости внедрения: с развитием технологий стоимость создания и внедрения IoT-систем будет снижаться, что сделает их доступными для большего числа малых ГЭС.

Применение систем мониторинга на основе Интернета вещей (IoT) на малых гидроэлектростанциях (ГЭС) открывает новые возможности для повышения эффективности, надежности и устойчивости их работы. Эти системы позволяют собирать, анализировать и использовать данные в режиме реального времени, что значительно улучшает процессы эксплуатации и технического обслуживания оборудования.

Одним из ключевых преимуществ IoT-систем является их способность обеспечивать непрерывный мониторинг состояния гидрогенераторов, турбин и других компонентов оборудования.

Кроме того, IoT-системы позволяют перейти от традиционного планового обслуживания к прогнозному. Используя алгоритмы машинного обучения и искусственного интеллекта, можно прогнозировать износ оборудования и планировать техническое обслуживание только тогда, когда это действительно необходимо. Это не только снижает затраты на ремонт и замену компонентов, но и увеличивает срок службы оборудования.

Важным аспектом является также удаленный мониторинг, который особенно актуален для малых ГЭС, расположенных в труднодоступных регионах. Операторы могут контролировать состояние оборудования из любой точки мира, что снижает необходимость постоянного присутствия персонала на объекте и уменьшает эксплуатационные расходы.

Интеграция IoT-систем с другими технологиями, такими как искусственный интеллект и цифровые двойники, открывает новые горизонты для автоматизации и оптимизации работы малых ГЭС. Например, цифровые двойники позволяют моделировать работу оборудования в различных условиях, что помогает прогнозировать его поведение и предотвращать аварии.

В будущем IoT-системы могут быть использованы не только для мониторинга и управления оборудованием, но и для интеграции малых

ГЭС в единую энергосистему. Это позволит более эффективно распределять энергию между потребителями и интегрировать малые ГЭС с другими возобновляемыми источниками энергии, такими как солнечные и ветровые электростанции.

Таким образом, применение систем мониторинга на основе IoT на малых ГЭС является важным шагом на пути к созданию более устойчивой, надежной и интеллектуальной энергетической инфраструктуры. Эти технологии не только повышают эффективность работы оборудования, но и способствуют снижению эксплуатационных затрат, что делает малые ГЭС более конкурентоспособными и привлекательными для инвестиций.

Источники

1. Городнова Н. В. Индустриальный интернет вещей в России: сущность и перспективы //Вопросы инновационной экономики. – 2022. – Т. 12. – №. 3. – С. 1503-1522.
2. Баранов А. Е. Цели и перспективы развития «интернета вещей» в электроэнергетике России //Современные тенденции в развитии экономики энергетики. – 2022. – С. 95-95.
3. Фролов А. В., Жматов Д. В. Использование технологии интернета вещей в электроэнергетике //Фундаментальные, поисковые, прикладные исследования и инновационные проекты. – 2022. – С. 546-550.
4. Циркин В. С., Циркина Е. А. Особенности применения технологии интернета вещей в электроэнергетике //Оргкомитета конференции. – 2021. – С. 240.
5. Виллиев Н. и др. Использование искусственного интеллекта в энергетике //Символ науки. – 2025. – №. 1-1-2. – С. 45-46.

ДИАГНОСТИКА ГЕНЕРАТОРОВ МАЛЫХ ГЭС

Балобанов Р.Н., Ахмед Мохамед М.М.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
rassel_ipek@mail.ru

В тезисе рассматриваются современные методы и технологии диагностики генераторов малых гидроэлектростанций (ГЭС), которые играют важную роль в обеспечении энергетической устойчивости, особенно в удаленных регионах. Основное внимание уделено таким методам, как визуальный осмотр, вибродиагностика, тепловизионный контроль, анализ изоляции обмоток, электрические и акустические измерения. Также рассмотрены перспективные технологии, включая системы мониторинга на основе Интернета вещей (IoT), цифровые двойники и использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Эти инновации позволяют повысить точность диагностики, прогнозировать неисправности и оптимизировать техническое обслуживание. В статье обсуждаются преимущества и недостатки различных методов, а также их роль в повышении надежности и долговечности оборудования малых ГЭС.

Ключевые слова: малые ГЭС, диагностика генераторов, вибродиагностика, тепловизионный контроль, IoT, цифровые двойники, БПЛА, изоляция обмоток, энергетическая устойчивость.

Малые гидроэлектростанции (ГЭС) являются важным элементом энергетической инфраструктуры, особенно в удаленных и труднодоступных регионах. Они обеспечивают экологически чистое производство энергии, способствуют снижению выбросов парниковых газов и обеспечивают энергоснабжение локальных потребителей [1]. Однако эффективность работы малых ГЭС во многом зависит от состояния их основного оборудования, в частности, генераторов. Диагностика генераторов малых ГЭС является ключевым элементом в обеспечении их надежной и долговечной работы [2].

Цель данного тезиса – рассмотреть современные методы диагностики генераторов малых ГЭС, их преимущества и недостатки, а также предложить перспективные направления развития диагностических технологий.

1. Визуальный осмотр и вибродиагностика [3]. Визуальный осмотр является первым этапом диагностики. Он позволяет выявить очевидные дефекты, такие как трещины, коррозия, повреждения изоляции и

механические повреждения. Однако этот метод не всегда позволяет обнаружить скрытые дефекты [3].

Вибродиагностика – один из наиболее распространенных методов, используемых для оценки состояния генераторов. Анализ вибрационных характеристик позволяет выявить дисбаланс ротора, износ подшипников и другие механические неисправности. Современные системы вибродиагностики оснащены датчиками и программным обеспечением, которое анализирует данные в режиме реального времени.

2. Тепловизионный контроль. Тепловизионная диагностика используется для выявления перегрева узлов генератора. Перегрев может быть вызван плохими контактами, износом изоляции или перегрузкой оборудования. Тепловизоры позволяют быстро и точно определить проблемные зоны без необходимости остановки оборудования [4].

3. Диагностика изоляции обмоток. Состояние изоляции обмоток генератора является критическим фактором для его надежной работы. Для диагностики изоляции используются методы измерения сопротивления изоляции (мегаомметры), а также анализ частичных разрядов. Частичные разряды свидетельствуют о начале разрушения изоляции и могут быть обнаружены с помощью специализированного оборудования.

4. Электрические измерения. Электрические измерения включают в себя проверку параметров, таких как напряжение, ток, мощность и частота. Анализ этих параметров позволяет выявить отклонения от нормальных режимов работы, что может указывать на наличие неисправностей.

5. Акустическая диагностика. Акустические методы используются для обнаружения дефектов, таких как трещины в корпусе или роторе. Акустические датчики фиксируют звуковые колебания, которые анализируются с помощью специального программного обеспечения.

С развитием цифровых технологий и искусственного интеллекта (ИИ) диагностика генераторов малых ГЭС становится более точной и эффективной [5].

1. Интернет вещей (IoT) позволяет создавать системы мониторинга, которые собирают данные с датчиков в режиме реального времени. Эти данные анализируются с помощью алгоритмов машинного обучения, что позволяет прогнозировать возможные неисправности и планировать техническое обслуживание.

Принцип работы IoT-систем:

Датчики и сенсоры: на генераторах устанавливаются датчики, которые измеряют ключевые параметры, такие как вибрация, температура,

давление, влажность, электрические характеристики (напряжение, ток, мощность) и состояние изоляции.

Передача данных: собранные данные передаются через беспроводные или проводные сети (например, Wi-Fi, LoRaWAN, Zigbee) на центральный сервер или облачную платформу.

Анализ данных: с помощью алгоритмов машинного обучения и искусственного интеллекта (ИИ) данные анализируются для выявления аномалий, прогнозирования износа оборудования и планирования профилактического обслуживания.

Визуализация и уведомления: результаты анализа отображаются на панелях мониторинга, доступных операторам станции. В случае обнаружения критических отклонений система отправляет уведомления для принятия оперативных мер.

Преимущества IoT-систем:

- Раннее обнаружение неисправностей.
- Удаленный мониторинг.
- Оптимизация технического обслуживания.
- Снижение эксплуатационных затрат.

2. Цифровые двойники Цифровые двойники – это виртуальные копии физического оборудования, которые моделируют его работу в различных условиях. Использование цифровых двойников позволяет проводить виртуальные испытания и прогнозировать износ оборудования.

3. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) БПЛА могут использоваться для осмотра труднодоступных частей генераторов, таких как верхние части турбин или высоковольтные линии. Они оснащены камерами высокого разрешения и тепловизорами, что делает их эффективным инструментом диагностики.

Диагностика генераторов малых ГЭС является важным этапом в обеспечении их надежной и эффективной работы. Современные методы диагностики, такие как вибродиагностика, тепловизионный контроль и анализ изоляции, позволяют своевременно выявлять неисправности и предотвращать аварии.

Перспективные технологии, такие как IoT, цифровые двойники и БПЛА, открывают новые возможности для автоматизации и повышения точности диагностики. Эти технологии не только повышают надежность и эффективность работы генераторов, но и снижают эксплуатационные затраты, что делает их незаменимыми инструментами в современной энергетике. Внедрение этих технологий в энергетическую отрасль

позволит снизить затраты на техническое обслуживание и увеличить срок службы оборудования.

Источники

1. Грек А. М. Возможность применения машинного обучения для мониторинга и диагностики технического состояния оборудования Саяно-Шушенской ГЭС // Гидроэлектростанции в XXI веке. – 2023. – С. 175-183.

2. Иргашева Н. А., Саидова О. С. Преимущества автоматизации в гидроэнергетике // Политехнический вестник. Серия: интеллект. Инновации. Инвестиции Учредители: Таджикский технический университет им. академика МС Осими. – №. 3. – С. 26-32.

3. Кувшинов Е. А. и др. Автоматизированные системы управления гидроэлектростанции // Состояние и перспективы развития современной науки по направлению «Энергетика. Технологии, аппараты и машины жизнеобеспечения». – 2021. – С. 315-325.

4. ГОСТ Р 55260.1–2012. Гидроэлектростанции. Методы диагностики оборудования. — Введ. 2013–07–01. — Москва: Стандартинформ, 2012. — 35 с.

5. Коротков В. В. Автоматизированные системы управления гидроэлектростанции // Энергетика. Технологии, аппараты и машины жизнеобеспечения. – С. 315.

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ДЛЯ МАЛЫХ ГЭС

Балобанов Р.Н., Зацаринная Ю.Н., Атласов Д.П.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

rassel_ipek@mail.ru, zac_jul@mail.ru

Цифровые двойники представляют собой инновационную технологию, которая активно внедряется в энергетическую отрасль для повышения эффективности и надежности работы оборудования. В докладе рассматривается применение цифровых двойников для малых гидроэлектростанций (ГЭС), которые играют важную роль в обеспечении энергетической устойчивости, особенно в удаленных регионах. Описаны основные принципы создания цифровых двойников, их функциональные возможности и преимущества. Особое внимание уделено практическим примерам использования цифровых двойников для оптимизации режимов работы, прогнозирования износа оборудования и предотвращения аварий. Доклад также затрагивает перспективы интеграции цифровых двойников с системами мониторинга на основе Интернета вещей (IoT) и искусственного интеллекта (ИИ).

Ключевые слова: цифровые двойники, малые ГЭС, IoT, искусственный интеллект, прогнозирование износа, оптимизация режимов работы, энергетическая устойчивость.

Малые гидроэлектростанции (ГЭС) являются важным элементом энергетической инфраструктуры, особенно в удаленных и труднодоступных регионах. Они обеспечивают экологически чистое производство энергии и способствуют снижению выбросов парниковых газов. Однако эффективность работы малых ГЭС во многом зависит от состояния их оборудования, включая генераторы, турбины и системы управления. В условиях ограниченных ресурсов и сложности доступа к объектам особую актуальность приобретают технологии, позволяющие оптимизировать эксплуатацию и снижать затраты на техническое обслуживание.

Цифровые двойники – это виртуальные копии физического оборудования, которые создаются на основе данных, полученных от датчиков, и математических моделей [1]. Они позволяют моделировать работу оборудования в различных условиях, прогнозировать его поведение и оптимизировать процессы эксплуатации. В докладе рассматриваются

возможности применения цифровых двойников для малых ГЭС, их преимущества и перспективы развития.

Основные принципы создания цифровых двойников [2]:

1. Сбор данных: для создания цифрового двойника необходимы данные от датчиков, установленных на оборудовании, а также паспортные данные о его работе. Это включает параметры, такие как вибрация, температура, давление, электрические характеристики (напряжение, ток, мощность) и состояние изоляции.

2. Моделирование: на основе собранных данных создается цифровая модель, которая учитывает физические, электрические и механические характеристики оборудования. Модель может быть как статической, так и динамической, в зависимости от задач.

3. Интеграция с реальным оборудованием: цифровой двойник постоянно обновляется в режиме реального времени, синхронизируясь с данными от датчиков. Это позволяет точно отражать текущее состояние оборудования.

4. Анализ и прогнозирование: с помощью алгоритмов машинного обучения и искусственного интеллекта цифровой двойник анализирует текущее состояние оборудования и прогнозирует его поведение в будущем.

Применение цифровых двойников для малых ГЭС [3]:

1. Оптимизация режимов работы: цифровые двойники позволяют тестировать различные сценарии эксплуатации, что помогает выбрать наиболее эффективные режимы работы генераторов и турбин. Например, можно моделировать работу оборудования при различных уровнях воды в водохранилище и спросе на электроэнергию.

2. Прогнозирование износа оборудования: цифровые двойники помогают предсказать, когда и какие компоненты оборудования потребуют замены или ремонта. Это позволяет перейти от планового к прогнозному техническому обслуживанию, что снижает затраты и повышает надежность.

3. Предотвращение аварий: моделирование аварийных ситуаций помогает разработать меры по их предотвращению. Например, можно проанализировать, как оборудование поведет себя при перегрузках или изменении внешних условий.

4. Обучение персонала: цифровые двойники могут использоваться для обучения операторов и инженеров, моделируя различные рабочие и аварийные ситуации.

Примеры практического применения:

- На малых ГЭС в Германии цифровые двойники используются для оптимизации нагрузки на генераторы в зависимости от уровня воды в водохранилище и спроса на электроэнергию. Это позволило повысить эффективность работы станций на 15% [4].

- В США цифровые двойники интегрированы с системами управления для автоматической корректировки режимов работы оборудования в реальном времени [5].

- В Скандинавии цифровые двойники применяются для прогнозирования износа оборудования, что позволило снизить количество внеплановых остановок на 25%.

Перспективы развития:

1. Интеграция с IoT и ИИ. Цифровые двойники могут быть интегрированы с системами мониторинга на основе IoT и алгоритмами искусственного интеллекта. Это позволит повысить точность прогнозов и автоматизировать процессы управления.

2. Расширение функциональности. В будущем цифровые двойники могут быть использованы не только для диагностики и мониторинга, но и для управления всей энергосистемой, включая распределение энергии и интеграцию с возобновляемыми источниками.

3. Снижение стоимости внедрения. С развитием технологий стоимость создания и внедрения цифровых двойников будет снижаться, что сделает их доступными для большего числа малых ГЭС.

Цифровые двойники представляют собой мощный инструмент для повышения эффективности, надежности и устойчивости работы малых гидроэлектростанций (ГЭС). Их внедрение позволяет не только оптимизировать текущие процессы эксплуатации, но и прогнозировать будущие состояния оборудования, что особенно важно для объектов, расположенных в удаленных и труднодоступных регионах.

Одним из ключевых преимуществ цифровых двойников является их способность моделировать различные сценарии работы оборудования, что помогает операторам выбирать оптимальные режимы эксплуатации. Например, моделирование работы генераторов и турбин в зависимости от уровня воды в водохранилище и спроса на электроэнергию позволяет максимизировать выработку энергии при минимальных затратах. Это особенно актуально для малых ГЭС, которые часто работают в условиях нестабильных нагрузок и изменяющихся внешних факторов.

Прогнозирование износа оборудования на основе данных, полученных от цифровых двойников, открывает новые возможности для

перехода от планового к прогнозному техническому обслуживанию. Это не только снижает затраты на ремонт и замену оборудования, но и минимизирует риск внеплановых остановок, что критически важно для обеспечения бесперебойного энергоснабжения.

Кроме того, цифровые двойники играют важную роль в предотвращении аварий. Моделирование аварийных ситуаций и анализ поведения оборудования в экстремальных условиях позволяют разработать эффективные меры по снижению рисков. Это особенно важно для малых ГЭС, где последствия аварий могут быть особенно серьезными из-за ограниченных ресурсов для их устранения.

Интеграция цифровых двойников с системами мониторинга на основе Интернета вещей (IoT) и искусственного интеллекта (ИИ) открывает новые горизонты для автоматизации и повышения точности диагностики. Такие системы позволяют собирать и анализировать данные в режиме реального времени, что делает процесс управления оборудованием более гибким и адаптивным.

В будущем цифровые двойники могут быть использованы не только для диагностики и мониторинга, но и для управления всей энергосистемой, включая распределение энергии и интеграцию с возобновляемыми источниками. Это особенно важно в контексте глобального перехода к устойчивой энергетике, где малые ГЭС играют важную роль.

С развитием технологий стоимость создания и внедрения цифровых двойников будет снижаться, что сделает их доступными для большего числа малых ГЭС. Это позволит повысить конкурентоспособность таких станций и способствовать их более широкому распространению в энергетической инфраструктуре.

Таким образом, цифровые двойники представляют собой не просто технологическую инновацию, а стратегический инструмент для повышения эффективности, надежности и устойчивости малых ГЭС. Их внедрение способствует переходу к более интеллектуальной и адаптивной энергетической системе, что является важным шагом на пути к устойчивому развитию и энергетической независимости.

Источники

1. Папуловская Н. В., Изотов И. Н. Методика обучения с использованием цифрового двойника // *Innovative Approaches in Computer Science within Higher Education—InnoCSE-2023.—Екатеринбург, 2024. – 2024. – С. 32-35.*

2. Гвоздяный С. Е., Мясков А. В. Российский и зарубежный опыт использования цифровых двойников в энергетике //Экономика промышленности/Russian Journal of Industrial Economics. – 2024. – Т. 17. – №. 4. – С. 378-387.
3. Зорченко Н. В., Тюпина Т. Г., Паршутин М. Е. Технологии, используемые General Electric при создании цифровых двойников для энергетики //Электрические станции. – 2024. – №. 3. – С. 46-52.
4. Массель Л. В., Массель А. Г. Семантическое моделирование при построении цифровых двойников энергетических объектов и систем //Онтология проектирования. – 2023. – Т. 13. – №. 1 (47). – С. 44-54.
5. Булатов Ю. Н., Короткова К. Е. Применение технологий цифровых двойников в энергетике //Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. – 2021. – Т. 1. – С. 103-112.

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ОПОРНО–СТЕРЖНЕВЫХ ИЗОЛЯТОРОВ

Бикбова З.М., Басенко В.Р.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
bikbova_zarina@bk.ru,

В данной работе рассмотрены современные методы диагностики опорно–стержневых изоляторов, широко применяющиеся в электроэнергетике. Представлены два метода диагностики, такие как акустико–эмиссионный контроль и резонансно–акустический. Особое внимание уделено преимуществам и недостаткам каждого из методов. Также в статье приведены рекомендации по выбору оптимального метода диагностики для конкретных условий эксплуатации.

Ключевые слова: опорно–стержневые изоляторы, дефект, механическое состояние, рабочее напряжение, неоднородная поверхность

Опорно–стержневые изоляторы — это важные элементы электротехнических устройств, которые используются для изоляции и поддержки токоведущих частей в электрических системах. Они играют ключевую роль в обеспечении безопасности и надёжности работы электрооборудования, однако в процессе эксплуатации могут возникнуть механические повреждения, например, сколы и микропоры на поверхности материала изоляции. Опорно–стержневая изоляция (далее – ОСИ) может иметь дефекты, которые не видны при производстве, но могут проявиться в процессе эксплуатации. Поэтому важно проверять механическое состояние ОСИ во время плановых профилактических работ.

Существует множество методов диагностики опорно–стержневых изоляторов, ниже рассмотрим несколько из них:

– Акустико–эмиссионный метод (далее – метод АЭ). Это способ неразрушающего контроля, основанный на регистрации и анализе звуковых волн (см. рисунок), возникающих при внезапной деформации напряжённого материала [1]. Этот метод помогает выявить потенциально опасные дефекты, которые растут в процессе силового нагружения, в опорно–стержневых изоляторах. Диагностику можно проводить во время установки и ремонта, а также при проверке отключённых разъединителей на 35, 110 и 220 кВ. Рекомендуется регулярно использовать метод АЭ для отслеживания состояния изоляторов, эксплуатирующихся в тяжёлых

режимах, имеющих большой срок службы и неблагоприятную статистику отказов. При использовании данного метода сложно интерпретировать результаты, так как существуют ограничения при контроле материалов с крупнозернистой структурой или неоднородной поверхностью.

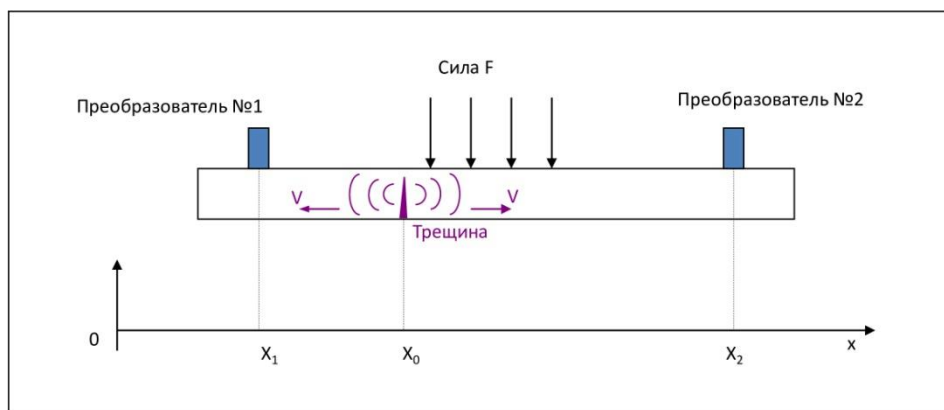


Схема проведения акустико-эмиссионного метода

– Резонансно-акустический метод позволяет обнаружить только достаточно крупные дефекты, которые по размеру сопоставимы с поперечным сечением изолятора. Чтобы определить состояние опорно-стержневого фарфорового изолятора, нужно изучить его амплитудно-частотную характеристику (далее – АЧХ) [2]. Анализ АЧХ проводит оператор, и часто даже с большим опытом работы нельзя точно сказать что-то конкретное об изоляторе [3]. Обычно изолятор относят к группе «за которыми следует наблюдать» или «в неудовлетворительном состоянии». Также имеют место случаи, когда из-за слабой механической связи между частями изолятора колебания не возникают в части, которая находится дальше от места ввода энергии. Тогда изолятор с минимальной механической прочностью воспринимается как изолятор в удовлетворительном состоянии и допускается к эксплуатации. Преимуществом данного метода является его применение для мониторинга опорно-стержневой изоляции под рабочим напряжением. Это делает его полезным инструментом для проверки изоляционных конструкций в процессе эксплуатации.

В результате исследования были сделаны такие выводы:

1. Были рассмотрены два метода, которые широко используются для проверки механического состояния опорно-стержневых изоляторов: акустико-эмиссионный и резонансно-акустический.

2. Акустико-эмиссионный метод показал хорошие результаты и доказал свою эффективность на практике. Однако он подходит только для работы с отключённым оборудованием.

3. Резонансно–акустический позволяет проверять изоляторы под напряжением, что полезно для энергетических организаций, но его необходимо усовершенствовать, чтобы повысить точность результатов [4].

4. Анализ методов и их практическое применение показывают, что лучше всего использовать несколько методов вместе для контроля механического состояния опорно–стержневых изоляторов.

Источники

1. Смирнов, В. В. Анализ диагностики механического состояния опорно–стержневых изоляторов методом акустической эмиссии / В. В. Смирнов, А. А. Скидан, А. И. Кавун // Энергетические установки и технологии. – 2019. – Т. 5, № 1. – С. 116–119. – EDN AWWQIT.

2. Диагностика трансформаторов электротехнических комплексов с использованием бесконтактных лазерных виброметров / М. Ф. Низамиев, В. Р. Басенко, И. В. Ившин [и др.] // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2022. – Т. 24, № 5. – С. 97–109. – DOI 10.30724/1998–9903–2022–24–5–97–109. – EDN LESZSZ.

3. 3D модель силового трансформатора для исследования его технического состояния по вибрационным параметрам / В. Р. Басенко, М. Ф. Низамиев, И. В. Ившин, О. В. Владимиров // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2022. – Т. 24, № 3. – С. 130–143. – DOI 10.30724/1998–9903–2022–24–3–130–143. – EDN TTLTLL.

4. Шумилов, Ю. Н. О необходимости повышения надежности линейных изоляторов для распределительных сетей 10–20 кВ / Ю. Н. Шумилов, В. Г. Сантоцкий, Э. Д. Шумилова // Электротехника и электромеханика. – 2018. – № 1. – С. 62–65. – DOI 10.20998/2074–272X.2018.1.10. – EDN YNIYOI.

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

Будрина Е. А.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», Россия, г. Казань

lizaalex0033@mail.ru

В данной статье автором представлено описание важности качества для промышленных предприятий электроэнергетики. Выделены способы улучшить качество электроэнергии. Определен анализ факторов, влияющих на качество электроэнергии. Описаны меры по снижению потерь электроэнергии.

Ключевые слова: качество электроэнергии, промышленные предприятия, безопасность, экологичность, производительность оборудования.

Качество электроэнергии является критически важным аспектом для промышленных предприятий электроэнергетики. Это не просто вопрос стабильности работы оборудования, но и ключевой фактор эффективности, безопасности и экологичности производства.

Так, обеспечение высокого качества электроэнергии является неотъемлемой частью стратегии развития промышленных предприятий электроэнергетики. Это позволяет не только повысить производительность и надежность работы, но и снизить затраты, улучшить экологическую обстановку и соответствовать требованиям международных стандартов [1].

Улучшение качества электроэнергии является критически важным аспектом для обеспечения стабильной и эффективной работы промышленных предприятий. Качество электроэнергии, которое включает в себя параметры, такие как напряжение, частота и форма волны, непосредственно влияет на производительность оборудования и, в конечном счете, на финансовые результаты предприятий. Вот несколько стратегий, которые могут помочь улучшить качество электроэнергии:

1. Использование стабилизаторов напряжения: Стабилизаторы напряжения помогают поддерживать постоянное напряжение в сети, что предотвращает скачки и падения напряжения, которые могут повредить оборудование или снизить его эффективность.

2. Применение фильтров гармоник: Гармоники — это искажения формы синусоидальной волны напряжения и тока, вызванные нелинейными нагрузками. Фильтры гармоник могут уменьшить эти

искажения, тем самым улучшая качество электроэнергии и продлевая срок службы оборудования.

3. Установка устройств коррекции коэффициента мощности (PFC): Низкий коэффициент мощности может привести к увеличению потерь электроэнергии и снижению эффективности системы. Устройства PFC помогают улучшить коэффициент мощности, что в свою очередь улучшает качество электроэнергии и снижает расходы на энергию.

4. Регулярное техническое обслуживание и диагностика: Регулярное обслуживание электрооборудования и проведение диагностики позволяет своевременно выявлять и устранять потенциальные проблемы, связанные с качеством электроэнергии. Это включает в себя проверку состояния кабелей, контактов, трансформаторов и других компонентов электросети.

5. Использование интеллектуальных систем управления энергопотреблением: Интеллектуальные системы, такие как автоматизированные системы управления энергопотреблением (АСУЭ), могут оптимизировать работу электросети, уменьшая перегрузки и улучшая распределение энергии. Это помогает поддерживать стабильное качество электроэнергии и снижает вероятность сбоев [2].

Улучшение качества электроэнергии требует комплексного подхода, включая использование современных технологий, регулярное техническое обслуживание и инвестиции в интеллектуальные системы управления. Эти меры не только повышают эффективность работы промышленных предприятий, но и способствуют более устойчивому и экологически чистому производству [3, 4].

Качество электроэнергии является критически важным аспектом для обеспечения стабильной и эффективной работы промышленных предприятий и электросетей. Неправильное управление или несоблюдение стандартов качества электроэнергии может привести к серьезным проблемам, включая сбои в работе оборудования, увеличение энергопотребления и даже к повреждению дорогостоящего оборудования.

Эффективное управление энергопотреблением и снижение потерь электроэнергии являются ключевыми аспектами для обеспечения устойчивости и конкурентоспособности промышленных предприятий. Потери электроэнергии могут возникать на различных этапах ее производства, передачи и потребления, и их уменьшение позволяет не только снизить эксплуатационные расходы, но и улучшить экологическую обстановку. В данной статье рассматриваются основные меры, которые могут быть применены для снижения потерь электроэнергии на промышленных предприятиях.

1. Внедрение интеллектуальных систем управления энергопотреблением (Smart Grid)

Интеллектуальные системы управления энергопотреблением позволяют оптимизировать работу электросетей, уменьшить потери энергии и повысить надежность электроснабжения. Эти системы используют современные информационные и коммуникационные технологии для мониторинга, анализа и управления энергопотреблением в режиме реального времени [5].

2. Оптимизация режимов работы электрооборудования

Оптимизация режимов работы электрооборудования, включая регулирование напряжения и частоты, позволяет снизить потери электроэнергии. Например, использование устройств плавного пуска и частотно-регулируемых приводов (ЧРП) позволяет уменьшить пусковые токи и снизить энергопотребление двигателей [6].

3. Улучшение качества электроэнергии

Улучшение качества электроэнергии, включая снижение уровня гармонических искажений и отклонений напряжения, также способствует уменьшению потерь энергии. Для этого могут быть использованы фильтры гармоник, стабилизаторы напряжения и другие технические средства [7].

Таким образом, снижение потерь электроэнергии на промышленных предприятиях является сложной, но крайне важной задачей, решение которой требует комплексного подхода и использования современных технологий и методов управления [8]. Внедрение вышеуказанных мер позволит не только уменьшить энергопотребление и снизить эксплуатационные расходы, но и повысить энергоэффективность промышленных предприятий, что в свою очередь приведет к улучшению их конкурентоспособности и экологической обстановки [9].

Для улучшения качества электроэнергии необходимо регулярно проводить мониторинг и анализ этих факторов, а также применять соответствующие технические решения, такие как фильтры гармоник, стабилизаторы напряжения и системы управления нагрузкой. Таким образом, обеспечение высокого качества электроэнергии является ключевым фактором для поддержания стабильной и эффективной работы промышленных предприятий и электросетей.

Источники

1. Никитин Ю.М. Метод статистического исследования нестационарных случайных процессов в электроснабжении. Электричество. – 2021. – № 2. – С. 25–30.

2. Оптимизация рабочих режимов электрических сетей 0,4 КВ / А. М. Маклецов, К. К. Лыу, В. В. Максимов [и др.] // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2024. – № 5. – С. 367–374.
3. Паули В.К. Компенсация реактивной мощности как эффективное средство рационального использования электроэнергии. Энергоэксперт. 2021. – №2. – С. 16–22.
4. Тухфетулло, И.Р. Оптимизация режимов работы электрических сетей среднего напряжения / И.Р. Тухфетулло, О.В. Воркунов // Электрические сети: надежность, безопасность, энергосбережение и экономические аспекты : Материалы международной научно–практической конференции. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. – С. 261–267.
5. Vorkunov O.V. Quantitative Assessment of Reliability Indicators of Electrical Circuits of 10 Kv Distribution Networks. 2022 International Ural Conference on Electrical Power Engineering (UralCon), 2022, pp. 279–283.
6. Галимова, Г. Ф. Внедрение интеллектуальных электрических сетей / Г. Ф. Галимова, О. В. Воркунов // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно–энергетическом комплексе и жилищно–коммунальном хозяйстве: Материалы VII Национальной научно–практической конференции. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2022. – С. 534–536.
7. Железко Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии. – М.: ЭНАС, 2019. – 456 с.
8. Воркунов, О. В. Автоматизированная система учета расхода электрической энергии и контроля показателей ее качества / О. В. Воркунов, Г. Ф. Галимова // Современные тенденции развития науки и мирового сообщества в эпоху цифровизации. – Махачкала: Общество с ограниченной ответственностью "Издательство АЛЕФ", 2023. – С. 109–111.
9. Варенов, А. А. Некоторые способы сбережения материальных и энергетических ресурсов в электроаппаратостроении / А. А. Варенов, В. В. Максимов, О. В. Воркунов // Научно–технический вестник Поволжья. – 2023. – № 6. – С. 227–229.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ НА ОСНОВЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ И ПРИМЕНЕНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Бурганов Д.О., Петров Т.И.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
burganov.dima@mail.ru

В статье рассматривается проектирование конструкции синхронных генераторов с использованием многокритериальной оптимизации и аддитивных технологий. Обсуждаются ключевые методы многокритериальной оптимизации и их применение для достижения оптимального баланса между различными характеристиками генераторов. Анализируются аддитивные технологии, которые позволяют создавать сложные конструкции и улучшать механические свойства материалов. Примеры успешного применения данных технологий демонстрируют их потенциал для сокращения времени и затрат на производство, а также для повышения производительности генераторов.

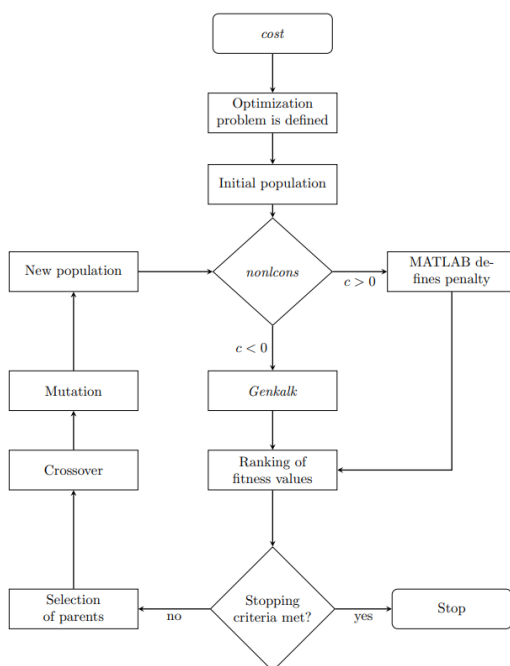
Ключевые слова: проектирование генераторов, многокритериальная оптимизация, аддитивные технологии, генетический алгоритм, SLS (Selective Laser Sintering).

Современные требования к энергетическим системам и устройствам требуют от инженеров поиска новых подходов к проектированию, которые обеспечивают высокую эффективность, надежность и экономичность. Одним из таких подходов является многокритериальная оптимизация, позволяющая учитывать множество факторов и критериев при разработке конструкций генераторов. В сочетании с аддитивными технологиями, этот метод открывает новые горизонты в проектировании генераторов.

Многокритериальная оптимизация — это процесс, который позволяет находить наилучшие решения в условиях конфликта между различными критериями. На основе выбранных критериев формируется целевая функция или функции, которые необходимо оптимизировать. Это может быть, например, минимизация стоимости при максимизации эффективности.

Методы многокритериальной оптимизации можно разделить на метод Парето, метод скаляризации [1] и эвристические методы (генетические алгоритмы, алгоритмы роя частиц и др.).

Генетический алгоритм (см. рисунок) является подходящим методом оптимизации для синхронных генераторов благодаря доказанной эффективности в задачах с высокой сложностью и целочисленными переменными.



Блок–схема генетического алгоритма

Cost содержит информацию о задаче оптимизации и выполняет генетический алгоритм для решения задачи. После того, как задача была определена в cost, скрипт вызывает встроенную MATLAB–функцию поиска минимума функции с помощью генетического алгоритма. Она случайным образом выбирает исходную совокупность из исходных границ совокупности. Затем каждый пользователь проверяется на соответствие нелинейным ограничениям в nonlcons. Если какой–либо из компонентов в выходных данных с превышает допустимое значение ограничения, MATLAB наказывает этого пользователя. В целом, оцениваются все пользователи, которые удовлетворяют ограничениям. Затем они ранжируются в соответствии с их пригодностью. Если выполняется один из критериев остановки, алгоритм завершается. В противном случае родители выбираются из текущего поколения. Затем путем скрещиваний и мутаций создается новая популяция до тех пор, пока не будет выполнен один из критериев остановки [2].

С развитием аддитивных технологий открываются новые возможности для проектирования электрических машин и оптимизации их конструкций. Эти методы производства позволяют создавать детали и узлы

сложной геометрии, которые трудно или невозможно изготовить традиционными методами.

Металлические детали могут быть изготовлены с помощью метода Selective Laser Sintering (SLS) —современной технологии 3D–печати, которая использует лазер для спекания порошкового материала, обычно пластика, металла или керамики, в цельную структуру, либо путем частичного расплавления металлических частиц, либо путем расплавления связующего с низкой температурой плавления для связывания металлических частиц вместе [3-5].

Учеными из Национальной лаборатории возобновляемых источников энергии (США) представлен новый подход к оптимизации синхронного генератора мощностью 15 МВт для ВЭУ, направленный на снижение массы при сохранении производительности. Главной задачей оптимизации было создание максимального крутящего момента при минимальной массе электротехнической стали.

Проектирование конструкции синхронных генераторов на основе многокритериальной оптимизации и применения аддитивных технологий является актуальной задачей, и необходимо разработать методику оптимизации.

Источники

1. Nyoman Gunantara A review of multi-objective optimization: Methods and its applications // Cogent Engineering, 2018. – p. 3.
2. Petrov, T. Theoretical aspects of optimization synchronous machine rotors / T. Petrov, A. Safin // E3s Web of Conferences, Prague, Czech Republic, 14–15 мая 2020 года. Vol. 178. – Prague, Czech Republic: EDP Sciences, 2020. – P. 01049. – DOI 10.1051/e3sconf/202017801049. – EDN IZHEQW.
3. Воздействие ТЭС на окружающую среду / В. В. Ядутов, Т. И. Петров, Ю. Н. Зацаринная // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – Т. 16, № 19. – С. 78–79. – EDN RDTCKD.
4. Федотов, А. И. Исследования показателей безотказности низковольтных коммутационных аппаратов электрических сетей / А. И. Федотов, Е. И. Грачева, О. В. Наумов // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2013. – № 9–10. – С. 73–80. – EDN QABURW.
5. Adaptive control system of the pumping unit / A. N. Tsvetkov, A. R. Safin, I. V. Ivshin [et al.] // International Journal of Engineering and Advanced

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СХЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ И ВЫДАЧИ МОЩНОСТИ МАЛЫХ ГЭС

Булатова В.М., Дударева С. И.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
bulatovavenera@mail.ru, s-v-e-t-a2019@mail.ru

Схемы электрических соединений и выдачи мощности являются ключевым элементом при проектировании малых гидроэлектростанций (ГЭС). В статье рассматриваются основные требования при построения электрических схем и схем выдачи мощности для малых ГЭС.

Ключевые слова: малые ГЭС, главная электрическая схема, схемы электрических соединений, схемы выдачи мощности, пропускная способность ЛЭП.

Малые гидроэлектростанции (ГЭС) играют важную роль в обеспечении энергетической устойчивости в удаленных и труднодоступных регионах. Они обеспечивают экологически чистое производство электрической энергии и способствуют снижению выбросов парниковых газов. Однако эффективность работы малых ГЭС во многом зависит от правильного и оптимального проектирования и надежности эксплуатации их электрических схем и схем выдачи мощности в систему.

Схемы электрических соединений определяют порядок подключения генераторов, трансформаторов, распределительных устройств и других компонентов, обеспечивая передачу электроэнергии от источника к потребителю.

Для надежной работы малых ГЭС и электрических сетей необходимо наличие целого ряда нормативных и технических решений, которые одновременно учитывают особенности работы генерирующих установок малой мощности и распределительных сетей.

Состав основного электротехнического оборудования определяется при разработке главной электрической схемы станции. Главная схема малой ГЭС должна разрабатываться с учетом нормативно-технических требований по проектированию ГЭС [1], а также с учетом требований Приказа Минэнерго России от 28.12.2020 № 1195 «Об утверждении Правил разработки и согласования схем выдачи мощности объектов по

производству электрической энергии и схем внешнего электроснабжения энергопринимающих устройств потребителей электрической энергии» [2].

При проектировании главной электрической схемы для начала работ необходимо иметь следующие данные: количество и энергетические характеристики (установленная мощность, номинальное напряжение, номинальная частота вращения, коэффициент мощности) генераторов (генераторов-двигателей).

К предварительным параметрам главной электрической схемы относятся: – тип, количество и номинальная мощность присоединяемого генерирующего оборудования;

- тип, количество и мощность главных силовых повышающих трансформаторов для выдачи мощности малой ГЭС в энергосистему;
- класс напряжения распределительного устройства (РУ);
- схема и предполагаемое количество ячеек РУ генераторного напряжения;
- схема РУ высокого напряжения, количество отходящих линий;
- количество и технические параметры основного оборудования.

При построении электрических схем малых ГЭС в основном применяются следующие виды энергоблоков:

- простые одиночные энергоблоки генератор – трансформатор;
- укрупненные энергоблоки, в которых к одному блочному трансформатору подключается несколько генераторов.

Разработка схемы выдачи мощности осуществляется на основании результатов анализа следующих параметров:

- напряжения, количества и протяженности отходящих линий электропередач с шин станции;
- возможные точки присоединения к узловым подстанциям;
- установленные на смежных подстанциях устройства релейной защиты.

Согласно методике разработки внестадийной предпроектной документации малых ГЭС» [3] допустимая загрузка линий воздушных линий электропередач классом напряжения до 35кВ составляет: для 6(10)кВ – 2,1МВт; 20кВ – 7,5МВт; для 35кВ – 9,3МВт.

При определении класса напряжения выдачи электрической энергии малых ГЭС необходимо руководствоваться шкалой номинальных напряжений, принятых в Единой энергетической системе России, а именно, принимается напряжение: 6; 10; 20; 35; 110; 220кВ.

Величина напряжения определяется в зависимости от передаваемой активной мощности и длины линии электропередачи.

Проанализируем блочную схему электрических соединений малых ГЭС.

Генераторы подключаются по блочной схеме генератор – трансформатор к распределительному устройству 35кВ через повышающий трансформатор 6/35кВ. Предполагается, что в данной схеме блоки работают с изолированной (компенсированной) нейтралью. Следовательно, что при возникновении замыкания на землю этот режим может не отключаться достаточно долго. Что является причиной появления резонансных процессов в емкостных и индуктивных элементах сети, связанных с «землей».

Также необходимо учитывать, что в электрических схемах малых ГЭС возможны реверсивные перетоки мощности, при которых возможны перегрузки силового оборудования и ошибочное действие релейной защиты.

Все это необходимо учитывать при разработке электрических схем и схем выдачи мощности малых ГЭС.

Источники

1. Приказ Минэнерго России от 16.08.2019 № 857 «Об утверждении Методических указаний по технологическому проектированию гидроэлектростанций и гидроаккумулирующих электростанций» [Электронный ресурс] <https://rg.ru/documents/2020/04/23/minenergo-prikaz857-dok.html>

2. Приказ Минэнерго России от 28.12.2020 № 1195 «Об утверждении Правил разработки и согласования схем выдачи мощности объектов по производству электрической энергии и схем внешнего электроснабжения энергопринимающих устройств потребителей электрической энергии» [Электронный ресурс] [https://nkprom.ru/upload/prikazy/0001202104280030\(1\).pdf](https://nkprom.ru/upload/prikazy/0001202104280030(1).pdf)

3. СТО РусГидро 01.01.136 – 2022 Методика разработки внестадийной предпроектной документации малых ГЭС [Электронный ресурс] https://storage.yandexcloud.net/storage.rushydro.ru/iblock/d88/d88e5db03b303fb19633f800e1ea9776/Pril.-2-k-prikazu-RusGidro_STO-01.01.136-2022.pdf

РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ДАННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО КОНТРОЛЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИЗОЛЯТОРОВ.

Вагапов А.И., Иванов Д.А.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
¹aydar.vagapoff@yandex.ru

Повышение надежности и безопасности высоковольтных линий электропередачи является ключевым фактором в современной энергетике. Дефекты в высоковольтных изоляторах могут приводить к серьезным авариям, перебоям в электроснабжении и финансовым потерям. Электромагнитный контроль является эффективным методом для выявления дефектов в изоляторах, но анализ данных, полученных с помощью электромагнитных детекторов, представляет собой сложную задачу. Для анализа данных применяется рекуррентная нейронная сеть

Ключевые слова: Нейронные сети, электромагнитный контроль, высоковольтные изоляторы, анализ данных, дефекты.

Повышение надежности и безопасности высоковольтных линий электропередачи является приоритетной задачей в современной энергетике. Дефекты в высоковольтных изоляторах, являющихся ключевыми элементами электросетей, могут привести к серьезным авариям, перебоям в электроснабжении и значительным финансовым потерям [1]. Электромагнитный контроль представляет собой эффективный метод для выявления дефектов в изоляторах, но анализ данных, полученных с помощью электромагнитных детекторов, представляет собой сложную задачу. На рисунке 1 представлен процесс работы электромагнитного контроля в виде блок-схемы.

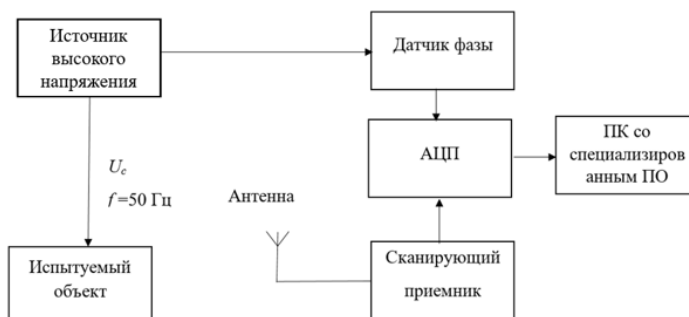


Рис.1 Блок-схема электромагнитного контроля

Традиционные методы анализа данных электромагнитного контроля, основанные на ручном анализе сигналов, характеризуются низкой точностью, субъективностью и трудоемкостью [2, 3]. В связи с этим актуальным направлением исследований становится применение методов искусственного интеллекта, в частности, нейронных сетей, для автоматизации и повышения эффективности анализа данных электромагнитного контроля (рис. 2).

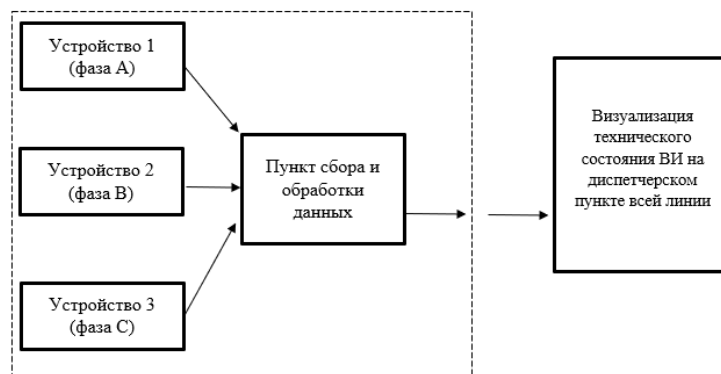


Рис. 2 Блок–схема сбора информации

В данной работе была обучена рекуррентная нейронная сеть для автоматизированного анализа данных электромагнитного контроля высоковольтных изоляторов (рис. 3). Обучение моделей проводилось на реальных данных, полученных в ходе электромагнитного контроля изоляторов [4, 5]. Результаты исследования продемонстрировали высокую точность и эффективность разработанных нейронных сетей в обнаружении дефектов и могут быть использованы для создания новых систем автоматизированного контроля изоляторов.

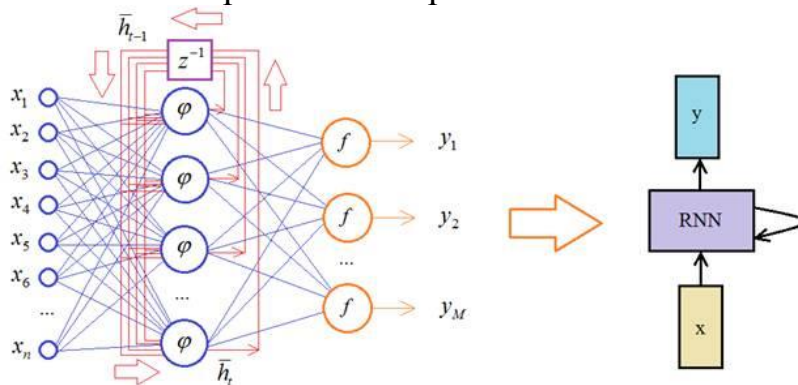


Рис. 3 Процесс работы рекуррентной нейронной сети

Таким образом, применение нейронных сетей для анализа данных электромагнитного контроля открывает новые возможности для

повышения надежности и безопасности высоковольтных линий электропередачи. Разработанная модель может быть использована для создания новых систем автоматизированного контроля изоляторов, что позволит сократить затраты на обслуживание и ремонт, а также увеличить срок службы изоляторов.

Источники

1. Абрамов, В. М. Электромагнитные методы неразрушающего контроля / В. М. Абрамов, А. Н. Тихонов. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. – 224 с.
2. Смирнов В. И. Методы и средства функциональной диагностики и контроля технологических процессов на основе электромагнитных датчиков. – Ульяновск: УлГТУ, 2001. – 190 с
3. Гаглыева И. Э., Добаев А. З., Дедегкаева А. А. Разработка математической модели комплексной оценки состояния электроэнергетических объектов //Инженерный вестник Дона. – 2013. – Т. 26. – №. 3 (26). – С. 102.
4. Вороновский Г. К., Махотило К. В., Сергеев С. А. Проблемы и перспективы использования искусственных нейронных сетей в энергетике. Часть 2. Управление. – 2007.
5. Вьюгин В. В. Математические основы теории машинного обучения и прогнозирования. – М. : МЦНМО, 2013. – 387 с.

КОНТРОЛЬ И ДИАГНОСТИКА ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Вазетдинов Б.И., Мифтахова Н.К.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
smirniy209@gmail.com

Контроль и диагностика частичных разрядов (ЧР) в трансформаторах имеют решающее значение для обеспечения надежности и долгосрочной эксплуатации электрооборудования. Появление и накопление частичных разрядов сигнализирует о деградации изоляционных материалов, что может привести к авариям и значительным экономическим потерям. Современные методы диагностики, включая акустическую эмиссию, электрические импульсные тесты и методы термографии, позволяют эффективно выявлять и анализировать наличие ЧР, а также предсказывать их развитие. Регулярный мониторинг состояния трансформаторов с использованием высокоточных датчиков и компьютерного анализа дает возможность предотвратить потенциальные неисправности и обеспечить безопасность электрических систем.

Ключевые слова: частичные разряды, трансформаторы, контроль, диагностика, электрооборудование, надежность, долговечность.

Частичные разряды (ЧР) в трансформаторах – это один из ключевых индикаторов состояния изоляции, который позволяет предсказать вероятность отказа оборудования. Трансформаторы играют ключевую роль в распределении электроэнергии, обеспечивая ее преобразование и передачу на большие расстояния. Однако в процессе эксплуатации они могут быть подвержены различным видам повреждений, особенно частичным разрядам, которые могут привести к серьезным последствиям: от снижения эффективности до полного выхода из строя. Таким образом, контроль и диагностика частичных разрядов имеют первостепенное значение.

Причины возникновения частичных разрядов:

- Качество изоляции: Износ или дефекты изоляционных материалов, используемых в трансформаторе.
- Влияние внешней среды: Например, высокие уровни влажности или загрязнение.
- Электрические перегрузки: Работа трансформатора в условиях повышенных токов или напряжений.

– Температурные колебания: Изменения температуры могут влиять на свойства изоляции.

Методы контроля и диагностики

Существует несколько методов, позволяющих осуществлять контроль и диагностику частичных разрядов в трансформаторах:

1. Электрические методы:

Измерения токов и напряжений позволяют определять наличие и величину частичных разрядов. Используются анализаторы ЧР, которые фиксируют параметры разряда и составляют их спектры.

2. Акустические методы:

Ультразвуковые устройства фиксируют звуковые сигналы, возникающие в результате ЧР. Эти методы позволяют локализовать место возникновения разряда и оценить его размеры.

3. Оптические методы:

Инфракрасная термография помогает выявлять тепловые аномалии, связанные с высокими температурами в местах разрядов, что может сигнализировать о повреждениях изоляции.

4. Методы потерь в изоляции:

Применяются для определения состояния изоляционных материалов путем измерения потерь и диэлектрической проницаемости.

Пример эксперимента по диагностике частичных разрядов

В качестве примера можно рассмотреть эксперимент, проведённый для оценки состояния изоляции трансформатора мощностью 100 МВА. Целью эксперимента было измерение активности частичных разрядов и анализ их характеристик.

Описание эксперимента:

1. Оборудование: Установлено оборудование для измерения частичных разрядов, включая высоковольтный источник питания, датчики и анализатор сигналов.

2. Подготовка: Трансформатор был предварительно подготовлен к тестированию, отключен от сети и проведены визуальные инспекции.

3. Процедура тестирования:

а. – Трансформатор был подключен к высоковольтному источнику, который создавал напряжение, приближающееся к рабочему уровню.

б. – Во время обеспечения высоковольтного напряжения, системы мониторинга фиксировали и анализировали данные о частичных разрядах.

с. – Основные параметры, которые фиксировались, включали амплитуду, частоту и распределение энергии ЧР.

4. Анализ данных: Данные, полученные в процессе тестирования, были проанализированы с использованием специализированного программного обеспечения. Основное внимание уделялось выявлению закономерностей в частотах и амплитудах зарегистрированных разрядов.

5. Результаты: На основании проведенного анализа было выявлено, что активность частичных разрядов находилась на допустимом уровне. Однако несколько сигналов указывали на возможные проблемы в зоне изоляции.

6. Заключение: Эксперимент показал, что регулярный контроль и диагностика частичных разрядов являются эффективными средствами для оценки состояния трансформаторов. Полученные данные позволили разработать план для проведения профилактических мероприятий с целью предотвращения потенциальных отказов.

Таким образом, контроль и диагностика частичных разрядов являются важными инструментами для поддержания надежности трансформаторов. Регулярное проведение тестов позволяет своевременно выявлять и устранять проблемы, что в конечном итоге способствует увеличению срока службы трансформаторов и снижению рисков аварийных ситуаций.

Источники

1. Куц, А. Н. – Название: "Частичные разряды в электрических машинах и трансформаторах" – Издательство: Энергоатомиздат, 2015. <http://www.energoatomizdat.ru/>

2. Иванов И.И. – Название: "Методы диагностики частичных разрядов трансформаторов" – Журнал: "Энергетика", 2020, №4. <http://www.energetika-journal.ru/>

3. Петров П.П., Смирнов С.С. – Название: "Контроль частичных разрядов в трансформаторах с помощью ультразвуковой диагностики" – Конференция: "Электрические сети и оборудование", 2021. <http://www.electricalnetworks.ru/>

4. Сидоров А.В. – Название: "Диагностика электрических трансформаторов методом анализа частичных разрядов" – Университет: МГТУ им. Баумана, 2019. <https://bmstu.ru/>

5. Zhang, Y. – Название: "Partial Discharge Detection Technology in Power Transformers: A Review" – Журнал: "IEEE Transactions on Power Delivery", 2022. <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>

ПОРЯДОК РАСЧЕТА ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА СУХОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Валиуллин С.Р., Владимиров О.В.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
save1313@mail.ru, ovladimirov2011@yandex.ru

Данная работа посвящена расчету остаточного ресурса сухого трансформатора, анализу влияния температуры обмоток трансформатора на его остаточный ресурс.

Ключевые слова: сухие трансформаторы, остаточный ресурс, зависимость срока службы от температуры, эксплуатация.

Остаточный ресурс сухого трансформатора — это срок до окончательного вывода из эксплуатации, определённый старением изоляции.

На данный момент значительное количество силовых трансформаторов, используемых на подстанциях, достигло минимального срока службы, установленного нормативными стандартами, который составляет 20–25 лет [1, 2]. Замена старых трансформаторов на новые не всегда оправдана, если их ключевые компоненты все еще находятся в удовлетворительном состоянии [3, 4, 5]. Таким образом, разработка и исследование надежных методов, позволяющих адекватно оценить эффективность работы конкретного трансформатора и предсказать его дальнейшую эксплуатацию, представляет собой важную задачу.

Остаточный срок службы трансформаторных устройств оценивается расчетными, аналитическими и/или экспериментальными методами. Оценка остаточного ресурса проводится при капитальном ремонте или комплексном контроле. Путем периодического анализа результатов непрерывных или периодических измерений и подготовки отчетов для прогнозирования поведения оборудования для расчета подтверждения.

Режимы и условия эксплуатации трансформаторных установок должны учитываться при оценке оставшегося срока службы с момента ввода в эксплуатацию — это делается для того, чтобы продлить срок службы трансформатора.

Остаточный срок службы сухого трансформатора (до окончательного вывода из эксплуатации) определяется старением изоляции. Старение изоляции приводит к снижению напряжения пробоя

изоляции. При этом скорость старения существенным образом зависит от температуры.

Оставшийся срок службы трансформаторного оборудования оценивается путем сравнения полученных значений срока службы трансформаторного оборудования с ресурсом, указанным в технической документации производителя, и прогнозирования срока службы трансформаторного оборудования.

Для исследования поведения параметров, определяющих срок службы трансформаторного оборудования, на работающем силовом трансформаторе технический персонал выполняет контроль распределения температурных зон на обмотках трансформатора с применением тепловизоров с разрешающей способностью не выше 0, 1°C предпочтительно со спектральным диапазоном от 8 до 12 дм (область относительной спектральной прозрачности атмосферы). Оценка теплового состояния силовых трансформаторов и их токоведущих частей проводится путем сравнения измеренных значений температур внутри фазы, между фазами, в заведомо исправных сечениях в зависимости от условий эксплуатации и применяемой конструкции. Реализуется следующее:

- в соответствии с нормализованными значениями температуры нагрева (повышение температуры);
- избыточная температура;
- процент дефектов; – динамика изменения температуры с течением времени.

На выведенном в ремонт силовом трансформаторе проводят исследование обмоток путем измерения характеристик изоляции обмоток (сопротивление изоляции обмоток, измеренное через 15 и 60 с после появления на трансформаторе напряжения, тангенс угла диэлектрических потерь и емкость).

В качестве критерия оценки остаточного ресурса использовались температурные условия эксплуатации. Максимальная температура обмоток трансформатора (класс изоляции всех исследованных трансформаторов F) составляет 155 °C [6]. Температура обмоток трансформатора в рабочем режиме не превышает 42 °C (по результатам тепловизионного контроля).

На примере трансформатора типа ТСЗА 10000/10 покажем расчет остаточного ресурса сухого трансформатора.

Остаточный ресурс $L_{ост}$ вычисляют по формуле (1):

$$L_{ост} = T_{сл} - K_{исп} (G_{тек} - G_{ВВ}), \quad (1.1)$$

где:

$$K_{исп} = 2^{(t_{экспл} - T_{\max})/T_{\Delta}}, \quad (1.2)$$

$T_{сл} = 25$ лет – установленный срок службы;

$t_{эксpl} = 42$ °С – температура обмоток при эксплуатации;

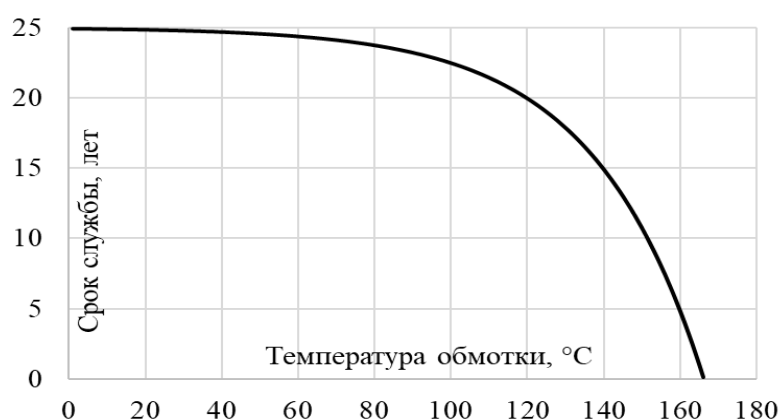
$t_{max} = 155$ °С – температура максимальная для изоляции класса F;

$t_{\Delta} = 20$ – дельта, при которой ресурс уменьшается вдвое;

$G_{тек}$ – текущий год эксплуатации (для расчета принят 2024 г.);

$G_{ВВ}$ – год ввода в эксплуатацию (для расчета принят 2007 г.).

Таким образом, $K_{исп} = 2^{(42-155)/20} = 0,02$. Остаточный ресурс составляет $L_{ост} = 25 - 0,02 \cdot (2024 - 2007) = 24$ года. График зависимости срока службы от температуры обмоток при эксплуатации трансформатора представлен на рисунке.



Зависимость срока службы от температуры обмоток при эксплуатации трансформатора

На рисунке видно, что после температуры обмоток 80°С резко увеличивается крутизна кривой срока службы сухого трансформатора.

Исходя из вышеизложенного, для предотвращения превышения температуры обмоток, необходимо проводить мониторинг фактических условий эксплуатации трансформаторного оборудования.

Таким образом, мы составили порядок расчета остаточного ресурса сухого трансформатора, а также проанализировали влияние температуры обмоток трансформатора на его остаточный ресурс.

Источники

1. Каримов, М. М. Применение ранжирования при модернизации оборудования подстанции с целью повышения надежности электро–снабжения потребителей / М. М. Каримов, Д. М. Валиуллина // 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. 156–162. – EDN QPZBOK.

2. K. N. Romaric, D. Liu and B. Du, "Investigation on Vibration Characteristics of Amorphous Metal Alloy Core Dry-type Distribution Transformer," in CES Transactions on Electrical Machines and Systems, vol. 6, no. 3, pp. 324–331, September 2022, doi: 10.30941/CESTEMS.2022.00042.

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023683044 Российская Федерация. Синтез и расчёт математической модели технического диагностирования модифицированного сухого трансформатора на предмет отказов: № 2023682047: заявл. 23.10.2023: опубл. 02.11.2023 / М. С. Шопик, Л. Н. Романова. – EDN EDQHDO.

4. Старцев, А. Э. Устройство непрерывного контроля переходных тепловых процессов сухих трансформаторов / А. Э. Старцев, С. В. Полетаев, П. С. Шичев // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". – 2021. – № 3. С. 142–151. – EDN BIRRJP.

5. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии НП–096–15. Требования к управлению ресурсом оборудования и трубопроводов атомных станций. Основные положения.

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Виногорова Я.А., Наумов О.В.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

vinovorova.yanaa@mail.ru, o_naumov@mail.ru

Исследование анализирует причины пожаров, связанных с электроустановками, и предлагает пути их предотвращения. В центре внимания – соблюдение правил монтажа и эксплуатации электросетей, и внедрение современных технологий для оперативного реагирования на пожары.

Ключевые слова: пожарная безопасность, электроустановки, короткое замыкание, пожары, оборудование.

Проблема пожарной безопасности электроустановок в России приобретает все более острый характер. Анализ статистики пожаров в разных регионах России показывает, что количество пожаров, вызванных неисправностями электрооборудования, увеличилось в среднем на 17% за последние пять лет. Это сигнализирует о необходимости принятия срочных мер по улучшению пожарной безопасности в этой сфере.

К главным причинам пожаров в электроустановках относятся:

–Короткое замыкание: возникновение непреднамеренного электрического соединения между проводами под напряжением может привести к резкому повышению температуры и возгоранию.

–Перегрузка: избыточная нагрузка на электрическую проводку и оборудование, превышающая их номинальные параметры, может привести к перегреву и возгоранию.

–Наличие высокого сопротивления в местах соединения проводки (повышенные переходные сопротивления) может привести к перегреву и возгоранию, что является серьезной пожарной опасностью.

–Тепло, выделяемое работающим электрооборудованием, может зажечь горючие вещества и материалы, расположенные вблизи, особенно при длительной эксплуатации без надзора.

–При разрыве колбы электрической лампы раскаленная нить накаливания может попасть на легковоспламеняющиеся материалы и вызвать их возгорание из-за высокой температуры [1].

Короткое замыкание является одной из наиболее распространенных причин пожаров в электроустановках, составляя около 70% всех случаев.

При коротком замыкании ток идет не по запланированному пути, а "прорывается" сквозь изоляцию электрических проводов. Это приводит к резкому повышению температуры и возгоранию.

Важно помнить, что электрические провода являются одним из самых опасных видов электротехнических изделий. Около половины всех пожаров происходит именно из-за неисправности проводки.

Для тушения пожаров в электроустановках оптимальным решением являются автономные устройства огнетушащего аэрозоля серии АГС 12, обеспечивающие эффективное объемное тушение. Мелкие размеры аэрозольных частиц и их способность длительно оставаться во взвешенном состоянии в воздухе делают аэрозоль эффективным средством для тушения возгораний в электроустановках. Это полностью исключает возможность повторного возгорания.

Современные универсальные устройства с тепловым пуском и системой воздушного охлаждения представляют собой эффективное решение для быстрого локализации и полного тушения пожара в электроустановке (за 5–10 секунд) [2].

Специально разработанное оборудование для тушения пожаров в электроустановках открывает широкие возможности и преимущества:

- экологически безопасно;
- отвечает строгим требованиям ГОСТа;
- гарантированный срок службы составляет 5 лет;
- отличается компактными размерами и малым весом (0,1–0,65 кг);

Пожарная безопасность электроустановок – неотъемлемая часть комплексного обеспечения безопасности электрических систем. Эффективное предотвращение и тушение пожаров в электроустановках требует применения современных технологий и оборудования, таких как автономные устройства огнетушащего аэрозоля серии АГС 12 и универсальные устройства с тепловым пуском и системой воздушного охлаждения. Эти устройства обладают высокой эффективностью, минимальным материальным ущербом и долгим сроком эксплуатации, что делает их незаменимыми в современных условиях [3].

Особое внимание следует уделять соблюдению стандартов безопасности, таких как ГОСТ, и проведению регулярных проверок и обслуживания оборудования. Важно также обучать персонал правильному использованию огнетушащих средств и соблюдению правил безопасности при работе с электроустановками [4].

Комплексный подход к пожарной безопасности, включающий использование передовых технологий, соблюдение стандартов и обучение

персонала, позволяет значительно снизить риски возгораний и обеспечить безопасную эксплуатацию электроустановок.

Источники

1. Анализ обстановки с пожарами и их последствиями на территории РФ за 5 месяцев 2024 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://mchs.gov.ru> (дата обращения: 02.07.2024).

2. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://en-res.ru/wp-content/uploads/2020/02/pue.pdf> (дата обращения: 02.07.2024).

3. Цнев, Д. Н. Методы энергосбережения при использовании регулируемого электропривода с частотным преобразователем / Д. Н. Цнев, О. В. Воркунов // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно–энергетическом комплексе и жилищно–коммунальном хозяйстве: Материалы VI Национальной научно–практической конференции, в 2 т. Том 2. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. – С. 257–258.

4. Минаев, И. А. Выполнение ремонтных работ под напряжением в электрических сетях / И. А. Минаев // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике : Материалы XV Всероссийской открытой молодежной научно–практической конференции, Казань, 21–22 октября 2020 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. – С. 167–169.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ШТАМПОВОЧНОГО ЦЕХА: НОВЕЙШИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Вовк А.Д., Мифтахова Н.К.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
antoniovovk2003@mail.ru

В современном мире, где с каждым годом увеличивается цена на ресурсы и энергию, энергоэффективность становится одним из ключевых факторов конкурентоспособности для любого предприятия. Особенно это касается штамповочных цехов, где значительная часть затрат приходится на потребление электроэнергии и других ресурсов. Внедрение новейших технологий на производство может значительно снизить издержки и процент брака выпускаемой продукции.

Ключевые слова: энергоэффективность, оптимизация, штамповочный цех, новейшие технологии, снижение энергозатрат, автоматизация процессов, современное оборудование.

В настоящее время, когда предприятия борются за повышение эффективности и оптимизации затраченных ресурсов, решающую роль может сыграть повышение энергоэффективности штамповочного цеха [1]. Повышение энергоэффективности в этом сегменте – это не просто экономия, а шаг к устойчивому развитию, позволяющий снизить затраты, повысить конкурентоспособность и уменьшить экологический след [2]. Важнейшим фактором для достижения этой цели может служить использование систем автоматического регулирования мощности прессов. Это позволит сократить потребление энергии в периоды простоя или при работе с небольшими нагрузками.

Применение современных энергосберегающих прессов с оптимизированной конструкцией, высокоэффективными двигателями и системами управления потребляют меньше энергии при сохранении высокой производительности. Применение сервоэлектрического привода позволяет значительно сокращать энергопотребление, расширяет диапазон рабочих условий и сокращает необходимые регламентные работы по обслуживанию пресса [1].

Также использование систем адаптивной регулировки мощности позволяет автоматически подстраивать потребление энергии под текущие нагрузки, оптимизируя потребление [1].

Важным фактором является оптимизация вспомогательного оборудования. Это подразумевает под собой внедрение систем автоматического управления освещением, что позволит снизить потребление электроэнергии. Применение современных вентиляторов и систем отопления [3].

Немаловажным условием повышения конкурентоспособности будет повышение квалификации работников, прививание сотрудникам культуры энергосбережения и повышения их эффективности путем совершенствования технологических процессов. [4, 5].

Повышение энергоэффективности штамповочного цеха – это многогранный процесс, который требует комплексного подхода. Внедрение современных технологий, оптимизация технологических процессов, правильная эксплуатация оборудования, а также обучение персонала – это важные составляющие успеха. Результатом станет не только сокращение операционных затрат, но и укрепление экологической ответственности предприятия [6], а также повышение его конкурентоспособности.

Источники

1. Живов Л.И., Овчинников А.Г., Складчиков Е.Н. Кузнечно–штамповочное оборудование: учебник. М.: МГТУ им. Баумана, 2006. 560 с.
2. Правила устройства электроустановок. (7 издание) – М.: Энергия, 2005. – 645 с.
3. Производственное освещение: проектирование и расчёт : учебное пособие / И. Г. Трунова, А. Б. Елькин, О. В. Маслеева [и др.]. – Москва ; Вологда : Инфра–Инженерия, 2023. – 240 с.
4. Петрушина В. В., Савицкая А. Л. вовлеченность персонала, как путь к достижению целей компании // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. №1.
5. Некравцев Е.Н. Конструкция и управление технологическим оборудованием: учеб. пособие / Е.Н. Некравцев, А.П. Будник, А.М. Чашников. Воронеж: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2013. Ч. 3. 133 с.
6. Колпаков Андрей Юрьевич энергоэффективность: роль в сдерживании выбросов углекислого газа и определяющие факторы // Проблемы прогнозирования. 2020. №6 (183).

ИССЛЕДОВАНИЕ ПУСКОВЫХ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ИРРИГАЦИОННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Вохидов А.Д.

Худжандский политехнический институт Таджикского технического университета
имени академика М.С. Осими, г. Худжанд, Республика Таджикистан
aybjon_88@mail.ru

В статье проведено исследование влияния переходных процессов электрооборудования мощных насосных агрегатов при пусковых режимах на механическую прочность механических частей насосного агрегата. С этой целью выполнено компьютерное моделирование электропривода насосного агрегата с учетом момента сопротивления. Результаты исследования позволяют оценить переходные процессы протекающие при запуске крупных насосных агрегатов и тем самым принять необходимые меры по устранению негативных воздействий на механические и электрические части насосного агрегата.

Ключевые слова: электрооборудование, электропривод, электродвигатель, насосный агрегат, вибрация, пусковой ток, крутящий момент, механическая прочность.

Насосные агрегаты широко применяются в различных отраслях народного хозяйства, как промышленность, сельское хозяйство, водоснабжение городов и т.п. В качестве объекта исследования принято оросительная насосная станция, которая служит для орошения сельскохозяйственных земель. Такие типы насосных станций обычно оснащаются насосными агрегатами большой мощности в пределах от 2 до 12 МВт. Для таких мощностей могут соответствовать синхронные двигатели вертикального исполнения, к примеру серия ВДС2. В качестве конкретного объекта исследования выбран насос типа 1200В–6,3/100–А с электродвигателем ВДС2–325. Паспортные технические данные насоса и электродвигателя приведены на таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Технические данные насоса типа 1200В–6,3/100–А

№	Тип	H , м	Q , м ³ /час	$n_{ном}$, об/мин	η , %	$P_{ном}$, МВт
1	1200В–6,3/100–А (52В11)	88,00	22680,00	375,00	88,00	8,00

Таблица 2

Технические данные электродвигателя ВДС2–325/69–16УХЛ4

№	Наименование параметров	Обозначение параметров	Значение величин
1	Электрическая мощность двигателя, МВт	$P_{\text{ном}}$	8,0
2	Ток обмотки статора двигателя, А	I_1	540,0
3	Напряжение обмотки статора, В	U_1	10000,0
4	Ток обмотки ротора двигателя, А	I_2	400,0
5	Напряжение обмотки ротора, В	U_2	160,0
6	Частота вращения двигателя, об/мин	$n_{\text{ном}}$	375,0
7	КПД двигателя, %	η	95,9
8	Коэффициент мощности двигателя	$\cos\varphi$	0,9
9	Система возбуждения двигателя	ТВУ–8	

Вертикальные синхронные электродвигатели (ВСД) широко применяются для приводов насосных агрегатов. При прямых запусках ВСД наблюдается большие пусковые токи, которые вызывают динамические усилия в обмотках статора, и тем самым могут привести к ослаблению крепления его лобовых частей. Также, пусковые токи могут в элементах ротора вызывать недопустимые нагревы [1, 2]. При предельной температуре 300 °С, в течение 10 с допускается нагрузка 6–8 кратным током, а в течение 5 с – током, превышающим в 10 раз значение номинального тока [3, 4]. Для моделирования прямого пуска двигателя насоса применили систему MATLAB, а именно библиотеку Simulink/PowerSystem (см. на рис. 1) [5, 6, 7].

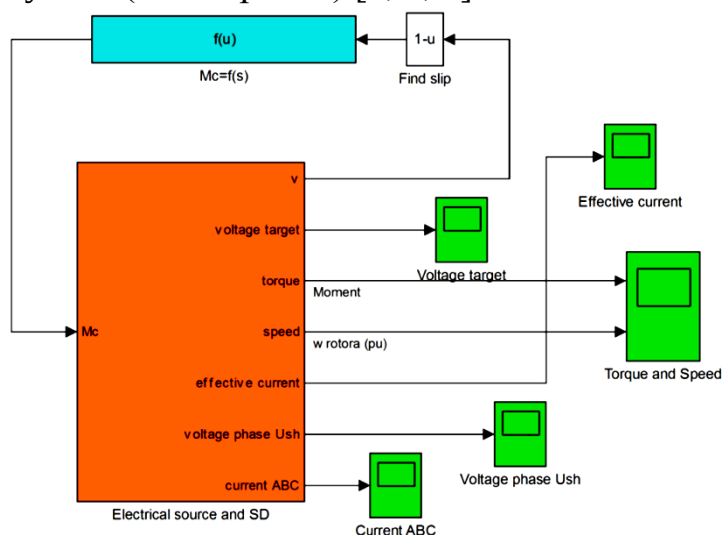


Рис. 1. Компьютерная модель для исследования переходных процессов электродвигателя насосного агрегата при прямом пуске

Результаты моделирования показаны в виде графиков переходных процессов при прямом запуске насосного агрегата на рисунке 2.

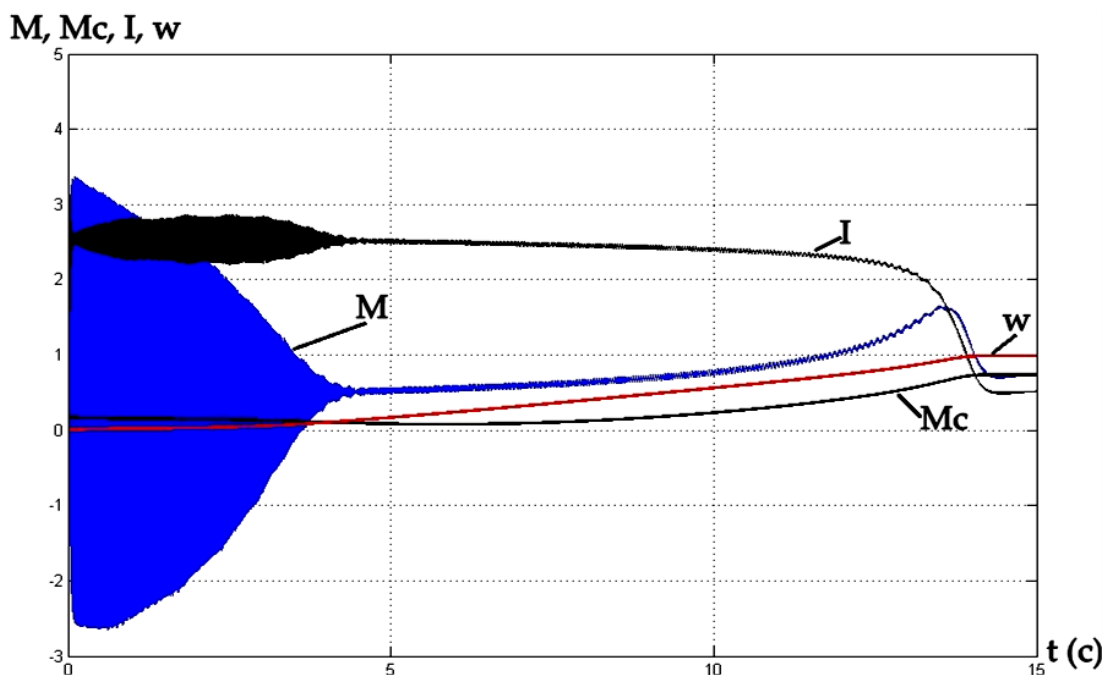


Рис. 2. Графики действующего значения тока I , момента двигателя M , момента сопротивления M_c и скорости двигателя ω при пуске, в о.е.

Графики рисунка 2 и 3 показывают, что электромагнитный момент двигателя при прямом пуске, имеет знакопеременный характер. Такое изменение создает недопустимые шумы и вибрация в агрегате, что в последствии приводит к механическим поломкам в конструктивных частях агрегата. Таким образом возникает необходимость принятию мер по устранению негативных последствий прямых запусков крупных насосных агрегатов. Одним из решений данной проблемы могут быть применения устройства плавного пуска, которые обеспечат плавный запуск насосного агрегата. Однако при применении устройств понижающих напряжения сети, время запуска удлиняется, что может привести к другим проблемам. Таким образом исследования упомянутых мер требуют детального анализа способов и методов входящие ту или иную мероприятие.

Источники

1. Нейман З.Б. и др. Крупные вертикальные электродвигатели переменного тока. – М.: Энергия, 1974. 375 с.
2. Ларионов В. Н., Калинин А. Г. Энергоэффективность и энергосбережение в электроприводах с вентиляторной нагрузкой. – Чебоксары: Изд-во. Чуваш. Ун-та, 2012. – 146 с.

3. Дадабаев, Ш. Т. Исследование пусковых переходных процессов высоковольтного синхронного электропривода с учетом нагрева и жаркого климата / Ш. Т. Дадабаев // Энергетические системы. – 2017. – № 1. – С. 179–184.
4. Ковач К.П., Рац И. Переходные процессы в машинах переменного тока. М. Л.: Госэнергоиздат, 1963. 735 с.
5. Modeling the Reliability of High–Voltage Power Transmission Lines Taking into Account the Influence of the Parameters of a Sharply Continental Climate / E. Gracheva, M. Toshkhodzhaeva, O. Rahimov [et al.] // International Journal of Technology. – 2020. – Vol. 11, No. 8. – P. 1557–1569.
6. Исследование пусковых режимов асинхронных двигателей при низком качестве электроэнергии питающей сети / Ш. Т. Дадабаев, Е. И. Грачева, И. Р. Каримов, С. Валтчев // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2021. – Т. 13, № 1(49). – С. 3–15.
7. Perelmuter V.M. Electrotechnical systems. Simulation with Simulink and SimPowerSystems, CRC Press, 2013.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕСИММЕТРИЧНЫХ НАГРУЗОК НА РЕЖИМЫ РАБОТЫ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Гаджибалаев Н.М.¹, Джаббарова С.М.², Джавадова А.И.³

^{1,2} Сумгаитский Государственный Университет, Сумгаит, Азербайджан

³ Сумгаитский государственный технический колледж при Сумгаитском

государственном университете, Сумгаит, Азербайджан

n.hacibalayev@mail.ru

В представленной статье было проведено исследование влияния несимметричных режимов работы нагрузки в системах электроснабжения. Здесь обеспечение симметрии напряжений и токов необходимо не только для технической эксплуатации оборудования, но и для надежной и экономичной работы всех точек многофазной системы.

Ключевые слова: Электроснабжение, несимметричность, трехфазная система, однофазная система, ток прямой и обратной последовательности.

В последние годы в связи с увеличением мощности однофазных электрических нагрузок (особенно электроплит) и ростом требований к качеству электрической энергии, в том числе к симметричности напряжений, разрабатываются и применяются высокоэффективные методы и средства. Симметризация однофазных нагрузок стала важной национальной экономической проблемой. Несимметрия напряжений снижает мощность выпрямителей, снижает эффективность использования регулирующих и компенсирующих устройств. Несимметрия отрицательно влияет на работу, долговечность и долговечность асинхронных двигателей, так как при несимметрии напряжений 5% мощность асинхронных двигателей снижается на 5–20%. Также асимметрия в 4% сокращает срок службы двигателей вдвое [1].

Таким образом, обеспечение симметричности напряжений и токов в качестве регулирования напряжения необходимо не только для технической эксплуатации оборудования, но и для надежной и экономичной работы всех точек многофазной системы.

Асимметричный режим может быть вызван асимметрией как источников, так и потребителей электроэнергии. В первом случае симметризация заключается в обеспечении симметричности напряжений в зажимах трехфазных потребителей, питающихся от системы

несимметричных напряжений. Во втором случае проблема решается путем разработки специальных симметрирующих мер и симметрирующих устройств для равномерного распределения несимметричной нагрузки по фазам [1].

В случае несимметричной нагрузки проблемы симметризации напряжений и токов не могут быть решены методами регулирования напряжения. То есть несимметрию можно уменьшить до допустимого предела или полностью устранить с помощью специальных симметрирующих устройств, которые также применяются для симметризации мощных локальных промышленных нагрузок и специальных нагрузок.

Мы знаем, что в трехфазных системах электроснабжения при неравномерном распределении электрических нагрузок по фазам создаются несимметричные режимы работы. В многофазных системах электроснабжения возникают кратковременные и длительные несимметричные режимы работы.

В кратковременных несимметричных режимах работы обычно имеют место кратковременные отключения, т.е. короткое замыкание на землю, обрыв, размыкание линии при однофазном автоматическом переподключении и т.п. Это связано с такими авариями. Если имеется несимметрия в том или ином элементе системы электроснабжения или если к энергосистеме подключены несимметричные нагрузки, например, если нагрузка подключена к какой-либо одной фазе, то возникают долговременные несимметричные режимы.

Долгосрочные асимметричные режимы делятся на две части; – продольные и поперечные. Продольная асимметрия – это асимметрия, возникающая в линиях электропередачи. То есть при ремонте электрооборудования или линий электропередачи возникают неполные режимы работы на отдельных фазах или после открытия поврежденной линии при аварии на любой из линий. Кроме того, продольную несимметрию можно отнести к ряду частных случаев в системах передачи линий электропередачи. Например, два провода — труба (ДПТ), два провода — земля (ДПЗ), два провода — рельсы (ДПР) и т. д.

В трехфазных системах электроснабжения при несимметричных режимах возникают симметричные накопления токов и напряжений нулевой и обратной последовательности. Это, в свою очередь, негативно влияет на работу потребителей электроэнергии. Токи, создающие магнитное поле, противоположное синхронному магнитному полю, являются токами обратной последовательности. В результате

электрооборудование нагревается и крутящий момент электрических машин снижается. Токи обратной последовательности искажают треугольник напряжений в электрооборудовании и шинах генераторов. Токи нулевой последовательности являются причиной несимметрии фазного напряжения электрической сети. Они оказывают негативное влияние на близлежащие линии, например, линии связи.

Несимметрию многофазной системы принято характеризовать коэффициентами несимметрии токов и напряжений [2]:

$$\begin{aligned}\dot{\mathcal{E}}_I &= \frac{\dot{I}^{II}}{\dot{I}^I} = \mathcal{E}_I e^{j\varphi_I} \\ \dot{\mathcal{E}}_{II} &= \frac{\dot{U}^{II}}{\dot{U}^I} = \mathcal{E}_{II} e^{j\varphi_{II}}\end{aligned}\quad (1)$$

Здесь U^I , I^I и U^{II} , I^{II} представляют собой симметричные суммы напряжений и токов прямой и обратной последовательности.

В некоторых случаях наблюдается несимметрия токов и напряжений.

$$\begin{aligned}\dot{\mathcal{E}}_{0I} &= \frac{\dot{I}^0}{\dot{I}^I} = \mathcal{E}_{0I} e^{j\varphi_{0I}} \\ \dot{\mathcal{E}}_{0II} &= \frac{\dot{U}^0}{\dot{U}^I} = \mathcal{E}_{0II} e^{j\varphi_{0II}}\end{aligned}\quad (2)$$

или

$$\begin{aligned}\dot{\mathcal{E}}_I &= \frac{\dot{I}^{II}}{\dot{I}_H} ; \\ \dot{\mathcal{E}}_U &= \frac{\dot{U}^{II}}{\dot{U}_H}\end{aligned}\quad (3)$$

характеризуются своими коэффициентами. В этих коэффициентах $\dot{U}^0, \dot{I}^0$ — симметричные составляющие напряжений и токов нулевой последовательности; $\dot{U}_H, \dot{I}_H$ — номинальные значения напряжения и тока.

Учитывая выражения (1) и (3), их можно записать для фазы, принятой в качестве основной.

$$\dot{I} = \dot{I}^I + \dot{I}^{II} + \dot{I}^0 = \dot{I}^I (1 + \dot{\mathcal{E}}_I + \dot{\mathcal{E}}_{0I})\quad (4)$$

Таким образом, в общем случае асимметрии к вектору тока $\dot{I}^I$ добавляются векторы нарушения симметрии:

$$\dot{I}^I \dot{\mathcal{E}}_I + \dot{I}^I \dot{\mathcal{E}}_{0I} = \dot{I}^I (\dot{\mathcal{E}}_I + \dot{\mathcal{E}}_{0I}) = \dot{I}^I \dot{\mathcal{E}}\quad (5)$$

Здесь общий коэффициент искажения

$$\dot{\mathcal{E}} = \dot{\mathcal{E}}_I + \dot{\mathcal{E}}_{0I}\quad (6)$$

Отметим, что поскольку $\dot{\mathcal{E}}$ — коэффициент является величиной условной, то при определении тока (напряжения) в других фазах величины $\dot{\mathcal{E}}_I$ ($\dot{\mathcal{E}}_{0I}$) и $\dot{E}_{0I}$ ($\dot{E}_{0U}$) следует обуславливать отдельно.

Аналогичные выражениям (4) – (6) можно записать и для напряжений. Результаты исследований показывают, что при $\dot{\epsilon}_U=5\%$ и длительной номинальной нагрузке электрические машины опасно перегреваются, в результате чего часто выходят из строя. В этом случае асимметрия из-за тока может быть значительно больше заданного значения $\dot{\epsilon}_U$.

Величину допустимой несимметрии трехфазных систем следует выбирать из условия удовлетворительной работы источников питания и потребностей в электрической энергии. Практически таким режимом можно считать симметричный режим трехфазной системы, в котором симметричные составляющие токов обратной и нулевой последовательности составляют не более 5% симметричных составляющих тока прямой последовательности (т.е. $\dot{\epsilon}_I \leq 5\%$ и $\dot{\epsilon}_{0I} \leq 5\%$), а симметричные составляющие напряжения обратной и нулевой последовательности составляют не более 2% от симметричных составляющих напряжения прямой последовательности (т.е. $\dot{\epsilon}_U \leq 2\%$ и $\dot{\epsilon}_{0U} \leq 2\%$) [3].

Следует отметить, что токи нулевой последовательности обычно существуют только в высоковольтных сетях, работающих с непосредственно заземлённой нейтралью, и в распределительных низковольтных сетях. Распространённые трехфазные электрические сети без нулевой линии таких токов не имеют, и коэффициенты ϵ_I и ϵ_U используют при определении в них несимметрии. Поскольку несимметрия напряжений обусловлена несимметрией токов в трехфазных симметричных системах, эти коэффициенты связаны между собой. Для определения указанных коэффициентов используются измеренные значения комплекса токов и напряжений различной последовательности. Эти входные данные измеряются с использованием симметричных входных фильтров или рассчитываются с использованием следующих выражений:

$$\begin{aligned}\dot{I}^{II} &= \frac{1}{3}(\dot{I}_1 + a^2\dot{I}_2 + a\dot{I}_3) \\ \dot{I}^I &= \frac{1}{3}(\dot{I}_1 + a\dot{I}_2 + a^2\dot{I}_3)\end{aligned}\quad (7)$$

где $\dot{I}_1, \dot{I}_2, \dot{I}_3$ – токи в фазах системы; $a^{j\frac{2\pi}{3}}$ — фазовый оператор.

Для упрощения нахождения комплекса токов и напряжений различной последовательности часто применяют специальные номограммы [4].

Если принять мощность источника (генератора) за бесконечную, то несимметрию в трехфазных системах можно оценить по мощности нагрузок. Для комплексной полной мощности мы можем написать:

$$\dot{S} = \dot{I}\dot{U} = \dot{Y}\dot{U}\dot{U} = \dot{Y}U^2$$

$\dot{Y}$ и $\dot{U}$ — значения связи зарядовой проводимости и напряжения.

Выражения для величин связи комплекса линейных токов прямой и обратной последовательности будут следующими:

$$\begin{aligned}\dot{I}^I &= \frac{1}{\sqrt{3}U_x} \sum \dot{S} \quad ; \\ \dot{I}^{II} &= \frac{1}{\sqrt{3}U_x} (a^2 \dot{S}_{12} + \dot{S}_{23} + a \dot{S}_{31})\end{aligned}\quad (8)$$

Полагая, что однофазная нагрузка подключена между фазами 2 и 3, находим из выражения (8).

$$\dot{\epsilon}_I = \frac{\dot{S}_{bif}}{\sum \dot{S}} \quad ; \quad \epsilon_I = \frac{\dot{S}_{bif}}{|\sum \dot{S}|}\quad (9)$$

Здесь $\dot{S}_{bif}$ — полная мощность однофазной нагрузки; $\sum \dot{S}$ — полная комплексная мощность всех нагрузок.

$$\sum \dot{S} = \dot{S}_{12} + \dot{S}_{23} + \dot{S}_{31} = \dot{S}_{tr} + \dot{S}_{bif}$$

$\dot{S}_{tr}$ — комплексная мощность эквивалентной симметричной и трехфазной нагрузки.

Второе выражение (9) удобно использовать для оценки возможностей подключения большой мощной однофазной нагрузки к определенной точке энергосистемы.

Источники

1. Hacıbalayev N.M., Quliyev Z.A., Cabbarova S.M. Elektrik təchizatı sistemlərində qeyri-simmetrik yüklərin iş rejimlərində təsirlərinin tədqiqi. SDU, Elmi xəbərlər. Təbiət və texniki elmlər bölməsi. Sumqayıt. Cild 24 №2, 2024. 96–100 s.

2. Аббакутов В.Г. Симметрия и компенсация реактивной мощности несимметричных промышленных нагрузок. Промышленная электроника, 1967.

3. Бамдас А.М., Кулинич В.А., Неклюдов В.П. Стабилизированные устройства для балансировки трехфазных сетей с несимметричной трехфазной нагрузкой. Устройства преобразовательной техники. Вып. 2., Наукова думка, К., 1969.

4. Бирюкова Р.П. Тимофеев Д.В. Симметрия режимов в электрических системах с мощными однофазными тяговыми нагрузками.: Устройство преобразовательной техники. Вып. 2, Наукова думка, К., 1969.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОГО ЦЕХА ЗАВОДА ТЯЖЕЛОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

Ганиев А.Р., Мифтахова Н.К.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
delovoy_amir@mail.ru

В статье рассматривается процесс проектирования системы электроснабжения для механического цеха завода тяжёлого машиностроения. Описываются основные этапы проектирования, включая сбор данных и анализ требований, разработку схемы электроснабжения, расчёт параметров системы, выбор оборудования, проектирование системы защиты и оформление документации. Также обсуждаются особенности проектирования систем электроснабжения для механических цехов, учитывая специфику производства и требования безопасности.

Ключевые слова: электроснабжение, проектирование, схемы, система, цех, производство, оборудование.

В современном мире, где технологии развиваются с невероятной скоростью, вопрос о надёжном и эффективном электроснабжении становится всё более актуальным. Особенно это касается промышленных предприятий, которые являются основой экономики многих стран. В данной статье мы рассмотрим процесс проектирования системы электроснабжения для механического цеха завода тяжёлого машиностроения.

Основные этапы проектирования:

Проектирование системы электроснабжения — это сложный и ответственный процесс, который требует тщательного планирования и анализа. Он включает в себя следующие основные этапы:

1. Сбор данных и анализ требований. На этом этапе необходимо собрать все необходимые данные о механическом цехе.
2. Разработка схемы электроснабжения. На основе собранных данных разрабатывается схема электроснабжения, которая определяет расположение электрических сетей, распределительных устройств и других компонентов системы.

3. Расчёт параметров системы. После разработки схемы производится расчёт параметров системы, таких как напряжение, ток, мощность, сопротивление и т. п.

4. Выбор оборудования. На основе рассчитанных параметров выбирается необходимое оборудование, такое как трансформаторы, выключатели, предохранители и т. д.

5. Проектирование системы защиты. На этом этапе разрабатываются меры по защите от перегрузок, коротких замыканий и других аварийных ситуаций.

6. Оформление документации. Завершающим этапом является оформление всей необходимой документации, такой как чертежи, схемы, расчёты и т.п.

Особенности проектирования для механических цехов:

При проектировании системы электроснабжения для механических цехов необходимо учитывать ряд особенностей, связанных с характером производства. Например, механические цеха часто имеют большое количество оборудования, которое потребляет значительную мощность. Это требует разработки системы электроснабжения с высокой пропускной способностью и надёжностью.

Кроме того, необходимо учитывать специфику работы оборудования, такого как станки, прессы и другие механизмы. Они могут создавать электромагнитные помехи, которые могут повлиять на работу системы электроснабжения. Поэтому необходимо разработать меры по снижению уровня помех и обеспечению стабильной работы системы.

Также важно учитывать требования безопасности, так как механические цеха являются местами повышенной опасности. Необходимо разработать систему защиты, которая предотвратит поражение электрическим током и другие аварийные ситуации.

Таким образом, проектирование системы электроснабжения для механического цеха является сложным и ответственным процессом, который требует учёта множества факторов. Однако при правильном подходе можно разработать эффективную и надёжную систему, которая обеспечит бесперебойную работу оборудования и безопасность персонала.

РАБОТА ДАТЧИКОВ ДВИЖЕНИЯ И ПРИСУТСТВИЯ В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Гаффанова А.Р., Гаврилов В.А.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
angelinagaffanova@mail.ru, 2s19gavr@mail.ru
Науч. рук. доц. Гаврилов В.А.

В тезисе рассмотрен алгоритм работы системы автоматизированного управления освещением на предприятии с помощью датчиков движения и присутствия, ее преимущества.

Ключевые слова: освещение, система, датчик, освещенность, сигнал.

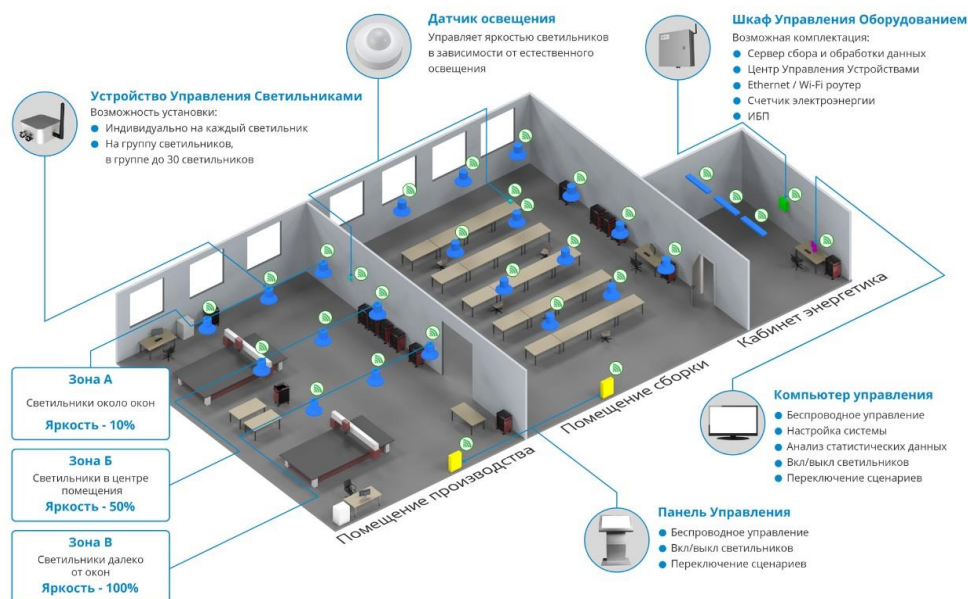
Система автоматического управления освещением (САУО) – это система, использующая технологии автоматизации для управления освещением в здании [1]. Она имеет ряд достоинств, что позволяет улучшить контроль управления освещения и сокращения затрат на потребление электроэнергии, а именно:

- экономия электроэнергии, благодаря автоматическому регулированию яркости, освещения и датчикам присутствия;
- повышение безопасности и комфортности;
- экологичное воздействие на окружающую среду, то есть использование экономичных светодиодных ламп;
- возможность автоматического регулирования яркости света, независимо от наличия естественного света или времени [2].

Основные функции САУО [3]:

- Контроль освещения на дистанционном управлении (управление отдельно как одним светильником, так и группой);
- Лояльность масштабирования (возможность увеличения количества подключаемого оборудования без изменения структуры системы и замены оборудования);
- Надежность (вся система работает дальше без проблем, если какой-то элемент вышел из строя);
- Интеграция (САУО спокойно интегрируется с другими системами и оборудованием).

Если датчик движения рассчитан на периодическое появление людей, то датчик присутствия – на постоянное присутствие людей и измерение уровня освещенности. Отличие датчиков движения от датчиков присутствия: он измеряет освещенность в момент обнаружения первого движения, в то время как второй вид датчиков проводит замеры освещенности постоянно и сравнение с заданными параметрами, а также выключение светильников при превышении порога параметров (см.рисунок) [4].



Пример системы автоматического управления освещением в цеху

Алгоритм САУО работает следующим образом:

1. В системе устанавливаются фотореле (датчики движения и присутствия), измеряющие уровень освещенности в цеху. Расположение может быть разным: на стенах, потолке и т.д. [5].

При включении датчик автоматически калибруется в течение 10–15 секунд, затем выключается свет и начинает работать настроенный алгоритм:

А. В то время, когда в помещении отсутствуют люди, свет автоматически выключается, датчик работает в режиме ожидания и контрольного замера освещенности.

В. При обнаружении человека возможны два варианта:

- Люди есть, но света из окон достаточно — датчик делает замеры и включает освещение при падении уровня освещения.

- Яркость освещения подбирается так, чтобы достичь порога установленной за стандарт освещённости. Люди появились — свет включается и регулируется до уровня стандарта.

– Людей нет — запускается таймер задержки, если изменений нет, происходит выключение или переход к 10% уровню освещения.

2. Предприятие задает и настраивает желаемый уровень освещения в помещении или участке, в системе выставляются параметры освещенности, согласно нормам освещенности, а после анализирует полученные данные и сравнивает с заданными параметрами Е.

3. Уже после результатов анализа данных в системе меняют уровень освещения:

– если текущий уровень Е ниже заданного значения – включение/усиление ламп.

– если текущий уровень Е выше заданного значения – отключение/ослабление ламп.

4. Уже исходя из принятого решения, система самостоятельно контролирует источники света, например, управляет диммерами, светорегулярами или выключателями, после изменений уровня Е производится мониторинг уровня и вносятся корректировки для поддержания заданного уровня.

Таким образом, использование датчиков движения и присутствия имеет экономию электроэнергии до 40% и продлевает срок службы светильников.

Источники

1. Кирин И.Г. Автоматизированные системы управления внутренним освещением и экономические основы их внедрения / И.Г. Кирин, А.И. Кирин // Сборник научных трудов пятой межрегиональной научно–практической конференции «Актуальные проблемы торгово–экономической деятельности в рыночных условиях». – Оренбург: «Газпромпечатъ» ООО «Оренбурггазпромсервис», 2004. – с. 191–193.

2. Asif, M., & Muneer, T. (2007). Energy supply, its demand and security issues for developed and emerging economies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(7), 1388–1413.

3. Автоматическое управление светом [электронный ресурс]: режим доступа: <http://ribosome.ru/daidzhest/avtomaticheskoe-upravlenie-svetom> (дата обращения: 30.09.2024).

4. Как мы делали умную систему освещения для офиса: сравниваем два этажа / Хабр (habr.com) [электронный ресурс]: режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/croc/articles/178425/> (дата обращения: 30.09.2024).

5. Wallbaum, H., Hermelink, A., & Mocanu, T. (2019). Designing user-centered smart homes: An interdisciplinary approach. *Journal of Cleaner Production*, 211, 414–424.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕЧЕНИЙ ПРОВОДНИКОВ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Захаров Д.В., Наумов О.В.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
zdanil1279@mail.ru, o_naumov@list.ru

Статья посвящена подробному описанию процесса определения сечений проводников при проектировании электроснабжения. В работе рассматриваются ключевые факторы, влияющие на выбор сечения проводов, такие как мощность потребителей, напряжение сети, токовая нагрузка и условия эксплуатации. Особое внимание уделяется методам расчета сечения проводников, включая геометрические формулы, использование таблиц и учет потерь напряжения. В статье приведены практические примеры и рекомендации по обеспечению надежности и безопасности электросетей.

Ключевые слова: проектирование, электроснабжение, напряжение сети, мощность потребителей, проводники.

При проектировании электроснабжения одним из наиболее важных этапов является определение сечения проводников. Это важно для обеспечения надежной и безопасной работы электросетей, поскольку неправильно выбранное сечение может привести к перегреву проводов, потере звука и даже резкому включению.

Выбор сечения проводников зависит от нескольких факторов: мощности электроприборов, которые подключаются к электросети и напряжения сети. Суммарная мощность всех потребителей обеспечивает предусмотренную токовую нагрузку на проводники. Для однофазных и трехфазных сетей используются разные формулы расчета токовой нагрузки.

В однофазной системе используется формула

$$I = P / (U * \cos\varphi)$$

где I — ток нагрузки, P — мощность (Вт), U — напряжение (В), а $\cos\varphi$ — коэффициент мощности. Данная формула позволяет рассчитать необходимый ток для обеспечения надлежащей работы электроприборов в сети, учитывая их активную и реактивную составляющую.

В трехфазной системе токовая нагрузка может быть рассчитана с использованием следующей формулы:

$$I = \frac{P}{(\sqrt{3} * U * \cos\varphi)}$$

где $\sqrt{3}$ — корень квадратный из трех, что учитывает особенности трехфазного тока. Эта формула обеспечивает более равномерное распределение нагрузки между фазами, что способствует оптимизации работы электрических систем и повышает их надежность.

Токовая нагрузка является анализом мощности потребителей и напряжения сети [1]. Допустимая токовая нагрузка определяется по таблицам длительного допустимого тока, который учитывает материалы проводников (медь или алюминий) и условия их прокладки.

Условия эксплуатации, температура окружающей среды и способ прокладки проводов (открытые или закрытые), также влияют на выбор сечения. Например, проводники, проложенные в земле, могут иметь более высокую допустимую токовую нагрузку, чем те, которые прокладываются по воздуху [2].

Для определения размеров проводников можно использовать геометрические формулы. Например, для сечения круглого монолитного проводника рассчитывается по формуле

$$S = \frac{\pi d^2}{4}$$

где S — площадь сечения проводника, а d — его диаметр.

Одним из наиболее простых и надежных методов является использование таблиц, приведенных в Правилах Устройства Электроустановок (ПУЭ). Эти таблицы содержат информацию о допустимых токовых нагрузках для проводников различных материалов и сечений, что позволяет быстро и точно определить необходимое сечение.

Потеря напряжения в проводах также является предпосылкой при проектировании электросетей. Потеря напряжения не должна превышать 2–5% номинального напряжения источника питания. Для расчета потерь использовались формулы напряжения, соблюдающие резистивные проводники, их длину и токовую нагрузку [3].

Рассмотрим практический пример. Например, если общая мощность потребителей в доме составляет 8 кВт, напряжение сети 220 В, то можно определить номинальную силу тока. Подставив данные в формулу, получаем:

$$I = \frac{8000 \text{ Вт}}{220 \text{ В}} \approx 36,36 \text{ А}$$

В результате получают значение силы тока, которое затем используют для определения необходимого сечения проводников по таблицам ПУЭ.

При проектировании электросетей для промышленных зданий или крупных жилых комплексов необходимо соблюдать специальную технику эксплуатации. Например, в промышленных зданиях проводники могут работать в более жестких условиях, поэтому необходимо выбирать проводники с запасом по сечению, чтобы обеспечить надежную работу и избежать перегрева [4].

Для определения сечения существующих проводников можно использовать штангенциркуль или микрометр.

Альтернативный метод включает в себя намотку проволоки на карандаш и измерение полученного витка, этот метод менее точен хотя и подходит только для тонких проводов [5].

Таким образом, правильный выбор сечения обеспечивает надежную и безопасную работу электросетей, собственный перегрев проводов и низкое энергопотребление. Используя геометрические формулы, таблицу ПУЭ и текущие условия эксплуатации, можно точно определить необходимое сечение проводников и обеспечить долгосрочное питание электросетей без значительных издержек и рисков.

Источники

1. Блок, В.М. Выбор оптимальных сечений проводов и кабелей с учетом экономических интервалов / В.М. Блок, Р.Э. Зеберг, С.А. Гусева // Электричество. – 2022. – № 5. – С. 13–16.
2. Волотковская, Н.С. Выбор сечения ЛЭП по минимуму затрат // Вестник ЯГУ. – 2022. – Т. 3, № 3. – С. 52–55.
3. Ефентьев, С.Н. Экономические токовые интервалы сечений проводов воздушных линий – вчера, сегодня, завтра / С.Н. Ефентьев, Э.Н. Зуев // Электро. – 2023. – № 3. – С. 43–48.
4. Железко, Ю.С. Выбор мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях: руководство для практических расчетов. – М.: Энергоатомиздат, 2021. – 176 с.
5. Зуев, Э.Н. Выбор основных параметров линий электропередачи районных электрических сетей в современных условиях. – М.: Информэлектро, 2023. – 64 с.

МАЛЫЕ ГЭС – НОВЫЕ ТОЧКИ РОСТА ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

Зацаринная Ю.Н., Балобанов Р.Н, Кулинич О.В.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

zac_jul@mail.ru, rassel_ipek@mail.ru

В статье рассматриваются перспективы развития возобновляемых источников энергии в Республике Татарстан. Перспективы строительства малых гидростанций, риски и правовая поддержка развития малых ГЭС в Республике Татарстан

Ключевые слова: малые ГЭС, возобновляемые источники энергии

Возобновляемая энергетика в Республике Татарстан находится на начальной стадии развития, несмотря на огромный потенциал. Возобновляемые источники энергии довольно разнообразны, однако наибольшее развитие получили ГЭС, ВЭС и СЭС. Для ЕЭС России СЭС наиболее распространены в южных регионах, но в Татарстане связи с невысокой солнечной активностью их применение нецелесообразно.

Ветроэнергетика является отраслью энергетики, выработка энергии в которой осуществляется за счет преобразования кинетической энергии воздушных масс в электроэнергию. Объем мирового рынка ветроэнергетики по прогнозам, достигнет к 2027 г. 127,2 млрд. долларов к 2027 году, увеличившись в среднем на 9,3%. Положение ветроэнергетики на мировом рынке сейчас занимает одно из лидирующих позиций как самый эффективный источник альтернативной энергии, но для эффективного функционирования ВЭС необходима средняя скорость ветра не менее 5 м/с. Анализ ветромониторинга в республике Татарстан показал, что строительство ВЭС целесообразно только в трех районах республики: Спасском, Рыбно-Слободском и Камско-Устинском [1], что ограничивает строительство ВЭС на территории РТ.

Мировой рынок гидроэнергетики по прогнозам, достигнет \$ 317,8 млрд к 2027 году, увеличившись в среднем на 5,9%. Гидроэнергетика — это высоко капиталоемкий способ производства электроэнергии, но, будучи возобновляемым источником энергии без использования расходных материалов, она имеет невысокую себестоимость выработки электроэнергии. Однако потребность в высоких капитальных и эксплуатационных затратах, длительные сроки строительства сдерживают

рост мирового рынка гидроэнергетики, поэтому стоит обратить внимание на малую гидроэнергетику.

МГЭС могут обеспечить электроэнергией удаленные и изолированные районы, а также могут быть подключены к энергосистеме. Экономический анализ работы МГЭС показывает, что они рентабельны, их строительство может снизить экологический ущерб от затопления больших территорий при строительстве крупных ГЭС. Республика Татарстан обладает густой речной сетью со стабильным режимом, поэтому строительство малых ГЭС на ее территории целесообразно. Себестоимость вырабатываемой электроэнергии МГЭС соответствует уровню показателей тепловых электростанций. На территории Республики Татарстан 37 малых и средних рек, на которых возможно строительство малых и микро ГЭС.

Для строительства МГЭС наиболее подходящими являются наиболее полноводные малые реки, находящиеся вблизи потребителя электроэнергии. К таким рекам можно отнести реки: Цильна, Большая Якла, Мензеля, Степной Зай, Шешма, Кичуй, Зай, Малая Меша, Зыча, что говорит о достаточном техническом потенциале строительства малых ГЭС в республике Татарстан. Для более точной оценки необходимо детальное исследование гидроэнергетического потенциала рек с использованием геоинформационных систем и определения перспективных створов для их строительства. Так как в Республике Татарстан ведется разработка месторождений нефти, МГЭС могут выступить в качестве источников энергии для повышения рентабельности добычи нефти и электроснабжения периферийных участков энергосистемы.

Во многих странах поддержка и развитие ВИЭ началось в 90-х годах прошлого столетия, в России же, первые шаги по развитию ВИЭ государством были предприняты в 2009 году. Было принято распоряжение Правительства РФ от 08.01.2009 № 1-р к 2010 году Россия должна была обеспечивать себя электроэнергией за счет ВИЭ на 1,5 %, к 2015 году – на 2,5 %, к 2020 году – на 4,5 %. Однако принятое 28 мая 2013 года распоряжение Правительства № 861-р [2] сделало невозможным достижение указанных целей. В новом документе на период до 2020 года было предусмотрено строительство ВИЭ-электростанций общей мощностью 5,871 ГВт, что соответствует около 1 % всей генерации.

В распоряжении № 861-р были установлены предельные величины капитальных затрат на строительство ВИЭ-электростанций (позже они были дополнены предельными величинами постоянных и переменных эксплуатационных затрат), которые постепенно снижались, но конфликт на Украине и введенные санкции затрагивают основные

макроэкономические показатели России и строительство объектов ВИЭ затрудняется.

Последние годы российское правительство активно внедряет различные меры стимулирования развития возобновляемых источников энергии. Поддержка строительства объектов ВИЭ в России и Татарстане основана на компенсации затрат по договорам на продажу мощности (ДПМ) на оптовом рынке электроэнергии и мощности. Отбор проектов по ДПМ ВИЭ осуществляется по итогам конкурса администратора торговой системы (АТС). Можно констатировать, что к 2020 году планировалось ввести 0,75 ГВт малых ГЭС, но к 2023 году показатель ввода составил только 0,14 ГВт. При этом в 2023 и 2024 году не было отобрано ни одной заявки по строительству МГЭС по России и нет заявок на строительство МГЭС в Республике Татарстан за последние 10 лет [3]. Такие результаты могут быть связаны с необходимостью удешевления строительства за счет унификации оборудования малых ГЭС, позволяющих снизить затраты. Несмотря на сложности малые ГЭС позволяют гарантировать бесперебойную подачу электроэнергии, а наличие значительного количества малых и средних рек на территории РТ делает строительство малых ГЭС перспективным для энергосистемы республики.

Источники

1. Насырова Е. В. и др. Анализ данных ветромониторинга в республике Татарстан //Известия высших учебных заведений. ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ. – 2019. – Т. 21. – №. 6. – С. 39-50.
2. Постановление от 28 мая 2013 г. N 449 «О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности [Электронный ресурс]. [http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW:n=146916/](http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=146916/) (дата обращения: 18.02.25).
3. Перечень проектов ВИЭ, отобранных по результатам ОПВ в соответствии с Регламентом проведения отборов инвестиционных проектов по строительству генерирующих объектов, функционирующих на основе использования возобновляемых источников энергии [Электронный ресурс]. <http://www.atsenergo.ru/vie/proresults/> (дата обращения: 18.02.25).

НЕОБХОДИМОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЗАПАСОВ УСТОЙЧИВОСТИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ РЕЖИМАМИ

Зацаринная Ю.Н.¹, Широбоков Е.А.²

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

² Филиал АО «СО ЕЭС» РДУ Татарстана, г. Казань, Россия

zac_jul@mail.ru, efimsirobokov@gmail.com

В статье изложены предпосылки для внедрения цифровой системы мониторинга запасов устойчивости (СМЗУ) при управлении электроэнергетическими режимами, риски, связанные с ее внедрением и достигаемый эффект от ее внедрения при расчете в контролируемом сечении, ключевые аспекты функционирования СЗМУ, её значение для обеспечения стабильности и надёжности работы электроэнергетических сетей в Филиале АО «СО ЕЭС» РДУ Татарстана.

Ключевые слова: система мониторинга запасов устойчивости, контролируемое сечение, максимально допустимый переток активной мощности, управление электроэнергетическим режимом, надёжность, устойчивость электроэнергетической системы.

Система мониторинга запаса устойчивости (СМЗУ) представляет собой комплекс оборудования и программного обеспечения, предназначенный для непрерывного контроля за состоянием устойчивости различных объектов и предотвращения возможных аварийных ситуаций. Эта система была разработана «Системным оператором ЕЭС» и НТЦ ЕЭС [1].

Перетоки активной мощности в электросетях, включая контролируемые сечения, являются одним из основных параметров, которые регулируются диспетчерами «Системного оператора». Они устанавливают объём допустимых перетоков для различных режимных ситуаций на основе расчётов устойчивости энергосистемы и действующих норм.

До внедрения системы мониторинга запасов устойчивости (СМЗУ) надёжную работу энергосистемы можно было обеспечить только заранее определяя допустимые перетоки для самых тяжёлых режимов, что в реальном времени было невозможно из-за длительности необходимых

расчётов. Это, в свою очередь, предсказуемо снижало эффективность использования пропускной способности электросетей.

Внедрение СМЗУ позволяет увеличить объём допустимого перетока в контролируемом сечении, что, в свою очередь, снижает нагрузку на наименее экономически эффективные генерации в одних частях энергосистемы и увеличивает загрузку наиболее эффективных электростанций в других частях (кроме случаев, связанных с тяжёлыми балансами). Кроме того, благодаря СМЗУ можно минимизировать объёмы ограничений на потребление или выдачу мощности станций в послеаварийных режимах.

В настоящее время диспетчеры Филиала АО «СО ЕЭС» РДУ Татарстана контролируют переток в 4 сечениях с помощью СМЗУ. И благодаря анализу работы самой СМЗУ её технологами, могут быть выявлены дополнительная необходимость контролировать переток по другим сетевым элементам. Правильно выполненный анализ помогает понять, выявить и найти узкие места, где нужно дополнительно вести контроль за перетоком во избежание аварии. Эффект от внедрения СМЗУ в Филиале АО «СО ЕЭС» РДУ Татарстана показан на рисунке 1.

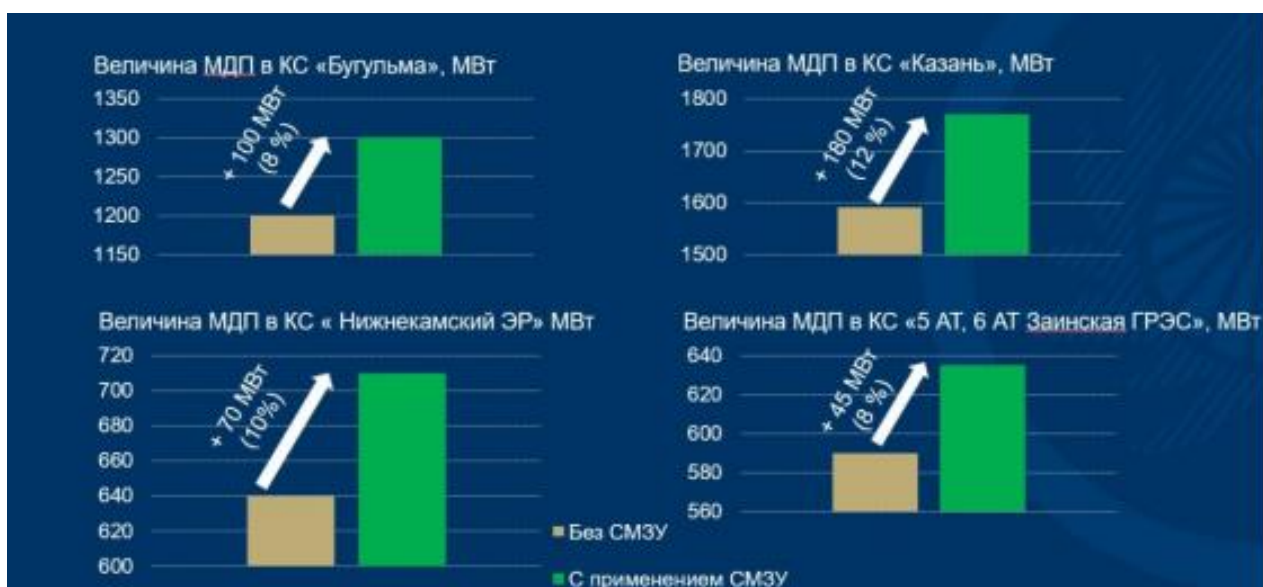


Рисунок 1. Внедрение СМЗУ в контролируемых сечениях операционной зоны РДУ Татарстана

Татарстан — один из динамично развивающихся регионов, и идёт постоянный рост увеличения нагрузки, а вслед за ним и генерации. Растущую тенденцию максимумов потребления мы наблюдаем с 2005 года на рисунке 2 [2].

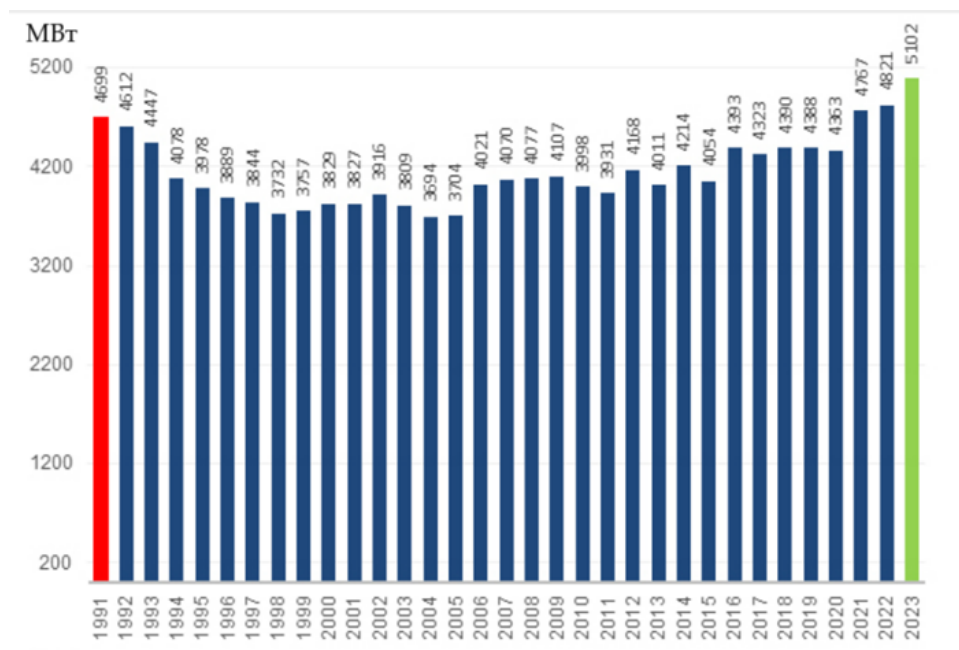


Рисунок 2. Максимум потребления мощности Республики Татарстан

Таким образом, внедрение системы мониторинга запаса устойчивости в контролируемом сечении играет важную роль в повышении надежности, безопасности и эффективности энергосистем. Она позволяет оперативно выявлять риски, предотвращать аварии, оптимизировать режимы работы, улучшать управленческие решения и снижать экологические риски. Это способствует стабильности энергоснабжения, повышает доверие потребителей и создает условия для интеграции современных технологий, что в целом укрепляет репутацию энергетических компаний и обеспечивает устойчивое развитие отрасли.

Источники

1. Применение СМЗУ в Системном операторе ЕЭС // НТЦ ЕЭС. – 2023. (Электронный ресурс): URL: https://ntcees.ru/news/2023/ebg_2023_5_smzu.pdf (дата обращения: 18.02.2025).
2. Внедрение системы мониторинга запаса устойчивости в энергосистемах // ТАТ-Информ. – 2024. – 19 января. (Электронный ресурс): URL: https://www.so-ups.ru/fileadmin/files/company/smi/2024/tat-inform_190124_bolshakov.pdf (дата обращения: 18.02.2025)

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОСВЕЩЕНИЕМ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Зиннатуллин Д.И.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

dinarzin03@mail.ru, zhzumeyra@mail.ru

Науч. рук. доц. Шакурова З.М.

В современной индустрии, где технологические инновации развиваются с необычайной скоростью, предприятия активно стремятся к улучшению своей операционной эффективности. Применение авангардных систем управления, основанных на интеллектуальном подходе, выступает ключевым элементом этого процесса. В качестве наглядного примера такой системы в данной работе анализируется интеллектуальная система управления освещением.

Ключевые слова: эффективность, энергопотребление, освещение, безопасность, управление освещением.

Значимость освещения для создания оптимальных условий труда и обеспечения безопасности на производстве трудно переоценить. В то же время, использование устаревших осветительных систем часто ведет к избыточным затратам и недостаточной эффективности. Внедрение интеллектуальных систем управления освещением предоставляет возможность значительно улучшить ситуацию, минимизировав энергопотребление, повысив уровень безопасности и комфорта на рабочем месте.

Интеллектуальные системы функционируют на основе комплексного использования датчиков движения, освещенности и прочих сенсоров, что позволяет автоматизировать процесс регулирования освещения. Адаптация интенсивности и продолжительности освещения к конкретным условиям – времени суток, присутствию персонала в помещении и другим параметрам – способствует оптимизации потребления электроэнергии и снижению расходов.

Например, рассмотрим интеллектуальное светодиодное освещение. Несмотря на то, что светодиодное освещение является экологически безопасным, его популярность все еще ограничена из-за более высоких затрат на установку по сравнению с традиционными источниками света. Хотя с последними достижениями технологий производства цены на

светодиоды постепенно снижаются, они по-прежнему остаются недоступными для многих. В этой ситуации оптимальным решением представляется недорогая и легко устанавливаемая интеллектуальная система управления светодиодными приборами Master–Slave, основанная на принципах Интернета вещей (IoT). С помощью этой системы возможно одновременно регулировать яркость светильников в одной зоне, что способствует снижению энергопотребления. Более того, настройки светодиодных ламп могут быть установлены непосредственно. Таким образом, светильники в одной области могут функционировать в режиме низкой яркости, когда вблизи нет людей.

Разрабатываемая система освещения для промышленных объектов нацелена на максимальную экономию энергии. Обычно сенсорные светильники устанавливаются в производственных цехах, административных помещениях, а также в лестничных клетках, коридорах и туалетах. Когда мимо проходят люди, такие светильники мгновенно загораются на полную мощность, что может вызывать дискомфорт для глаз. В темноте, например в коридорах и на лестничных клетках, люди могут ощущать себя неуверенно.

Для решения данной проблемы некоторые производители разработали новую модель светодиодной лампы (трубки) с датчиком света и функцией низкой яркости. Этот усовершенствованный дизайн заменяет полную темноту на режим тусклого света, что позволяет людям, проходящим мимо, чувствовать себя более комфортно и избегать резких вспышек. Предлагаемая система позволяет сохранить оригинальный патрон лампы без необходимости в проводке и настройке сервера. Параметры светодиодных светильников можно настраивать напрямую через Интернет вещей, а собранные данные можно загружать в облачное хранилище. Данная система обладает высоким потенциалом энергосбережения: при установке в помещениях с низкой посещаемостью уровень экономии может достигать до 90%. При этом, если каждый час мимо проходят 12 человек, уровень энергосбережения составит 81%.

С учетом изложенного, интеллектуальная система управления освещением является перспективным направлением для предприятий, нацеленных на повышение своей операционной эффективности и снижение затрат. Реализация такой системы может стать значимым шагом к формированию инновационного и экологически ответственного бизнеса.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ НАРУЖНЫМ ОСВЕЩЕНИЕМ

Зотина А.А.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г.Казань, Россия

zotina_alena@mail.ru

Науч.рук. доц. Гаврилов В.А.

В тезисе представлена информация по автоматизированной системе управления наружным освещением, которая обеспечивает экономию электроэнергии, повышает безопасность дорожного движения, а также обеспечивает финансовые выгоды за счет снижения расходов на обслуживание.

Ключевые слова: автоматизация наружного освещения, энергопотребление, светодиодные светильники, экономия электроэнергии.

Одной из основных причин актуальности автоматизации сетей наружного освещения является необходимость экономии электроэнергии. Внедрение современных технологий и интеллектуальных систем управления является ключевым шагом в освоении наружного освещения, что делает этот процесс не только быстрым, но и перспективным для будущего [1].

Автоматизация наружного освещения основана на использовании интеллектуальных систем управления. Эти системы можно разделить на два основных класса: автоматические системы управления (АСУ) и системы автоматического управления (САУ).

АСУ включает участие человека в контуре управления. Это означает, что оператор может вручную управлять режимами работы освещения, но также может использовать заранее заданные алгоритмы и расписания. Например, система может быть настроена на минимальное включение и выключение светильников по расписанию.

САУ работают без участия человека. Эти системы полностью управляются по заранее заданным алгоритмам, которые могут включать в себя время восхода и захода солнца, движение и другие параметры. САУ обеспечивает автономность и экономию энергии, поскольку они могут стимулировать уровень мощности в зависимости от внешних условий.

Одним из основных компонентов использования автоматизированной системы управления являются электронные пускорегулирующие устройства (ЭПРА), которые позволяют управлять

потребляемым током лампы и ее световым потоком (см. рисунок 1). Это позволяет добиться снижения потребляемой мощности системы без полного отключения частей осветительных приборов, что обеспечивает равномерную освещенность дорожного полотна.



Рис. 1. Электронный пускорегулирующий аппарат

Светодиодные светильники являются одним из наиболее эффективных и экономичных решений для наружного освещения. Их можно интегрировать в интеллектуальные системы управления, что позволит максимально сэкономить электроэнергию.

Автоматизированные системы управления наружным освещением включают в себя средства связи, такие как радиоканалы, каналы связи GPRS, PLC, проводные и оптоволоконные линии связи. Эти средства обеспечивают передачу данных между пунктами включения (ПВ) и центральным диспетчерским пунктом (ЦДП), позволяют оперативно управлять освещением и контролировать состояние оборудования в первый момент времени [2].

Автоматизация сетей наружного освещения имеет ряд существенных преимуществ:

1. Снижение энергопотребления. Автоматизированные системы могут снизить потребление электроэнергии на освещение до 30% и более, за счет оптимизации режимов работы светильников.

2. Автоматизация наружного освещения повышает уровень безопасности пешеходов и автомобилистов. Интеллектуальные системы управления расширяют и достаточно освещают пространство.

3. Автоматизированные системы позволяют сократить расходы на техническое обслуживание светильников. Постоянный мониторинг состояния оборудования и линий наружного освещения позволяет выявлять и устранять проблемы в режиме реального времени, что продлевает срок службы оборудования.

4. Автоматизация наружного освещения обеспечивает удобное управление для оперативного персонала. Системами можно управлять из центрального диспетчерского пункта, что позволяет быстро реагировать на изменения и аварийные ситуации.

Внедрение автоматизированной системы управления наружным освещением включает в себя несколько этапов.

Структура автоматической системы управления представляет собой двухуровневую структуру (см. рисунок 2). Нижний уровень состоит из шкафа управления пункта включения (ШУ ПВ), верхний уровень – из центрального диспетчерского пункта (ЦДП). От ЦДП подводятся команды управления освещением, которые передаются на нижний уровень.



Рис.2. Структура АСУ наружным освещением

Оборудование, такое как устройство сбора и передачи данных (УМ–30 НЕО), позволяет осуществлять сбор, хранение и передачу показаний, а также обезопасить пользователя от потерь данных. Эти устройства обеспечивают связь между пунктами включения и центральным диспетчерским пунктом.

Автоматизированные системы управления наружным освещением можно интегрировать с другими модулями, например системы видеонаблюдения. Это позволяет создать комплексную систему управления, которая обеспечивает максимальный комфорт и безопасность жителей [3].

Автоматизация наружного освещения – это шаг в будущее, который делает жизнь более комфортной, безопасной и экономичной.

Источники

1. Табунщиков, Ю.А. Энергоэффективные здания [Текст] / Ю.А. Табунщиков, М.М. Бродач, Н.В. Шилкин. – Москва: АВОК–ПРЕСС, 2023. – 200 с.
2. Автоматическое управление светом [электронный ресурс] – Режим доступа: <http://ribosome.ru/daidzhest/avtomaticheskoe-upravlenie-svetom> (дата обращения 26.09.2024).
3. Боммел, В.Ван. Качество освещения и эффективность: критический обзор [Текст] / В.Ван Боммел // Светотехника: сб. статей. – Москва, 2020. – Вып. 1. – С. 6–11.

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ ГЕРМАНИИ

Исаева Е.А.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

isaevae822@gmail.com

Науч.рук. доц. Сидорова Д.Г.

В работе рассматриваются технологии в области возобновляемой энергетики Германии. Приводятся ресурсосберегающие технические решения для повышения эффективности потребления ресурсов.

Ключевые слова: энергетика, энергоресурсы, ресурсосбережение, техническое решение, топливо, отрасль.

В настоящее время глобальный энергетический кризис в Европе не обходит ни одну страну, в том числе Германию. Данная страна имеет достаточно высокую зависимость от импортируемых энергоресурсов в связи с ограниченностью собственных, а также из-за экономических соображений – импортируемое топливо закупать дешевле, чем добывать собственные ресурсы.

Анализируя законодательство Европейского союза в области повышения энергетической независимости необходимо отметить, что особое внимание уделяется ресурсосберегающим видам энергетики – возобновляемым источникам энергии (ВИЭ). Если сопоставлять долю ВИЭ в энергетике Германии, то можно выделить, что в 2000 году доля возобновляемых источников энергии была всего лишь 6% от общего объёма генерации страны. В настоящее время, по данным Института систем солнечной энергетики им. Фраунгофера известно, что по состоянию на 2023 год почти 60% выработанной электроэнергии Германия получила от возобновляемых источников энергии. Объем генерации ВИЭ составляет около 20% от общей генерации энергетики Германии [1, 2].

Если говорить о ресурсосберегающих технологиях, то можно отметить, что фотоэлектрическим элементам (солнечным батареям) нашли альтернативное применение: энергия Солнца накапливается в аккумуляторах, которые работают на подогрев локальных систем отопления. Это позволяет экономить газ на подогрев теплоносителя. По полученным данным, к концу 2021 года объем фотоэлектрических систем

превысил два миллиона единиц, что эквивалентно генерации в 50 гига watt электроэнергии, расходуемой на обогрев зданий.

Также не стоит забывать о том, что ветроэнергетические установки являются вторым по объему генерируемой электроэнергии источником в Германии. Суммарная генерируемая мощность такого вида энергоустановок составляет более шестидесяти гига watt. Эти цифры говорят о том, что ВИЭ являются достаточно ресурсоэффективным решением в сфере энергетики, т.к. данные энергоустановки обладают высокой экологичностью с учётом затрат ресурсов на их производство. Соотношение затраченных ресурсов и генерируемой электроэнергии достаточно выгодное для использования ВИЭ [3]. Для того, чтобы оценить валовое потребление Федеративной Республики Германия (ФРГ) необходимо привести график валового потребления электроэнергии с учётом возобновляемых источников энергии (см. рисунок) до 2050 года.

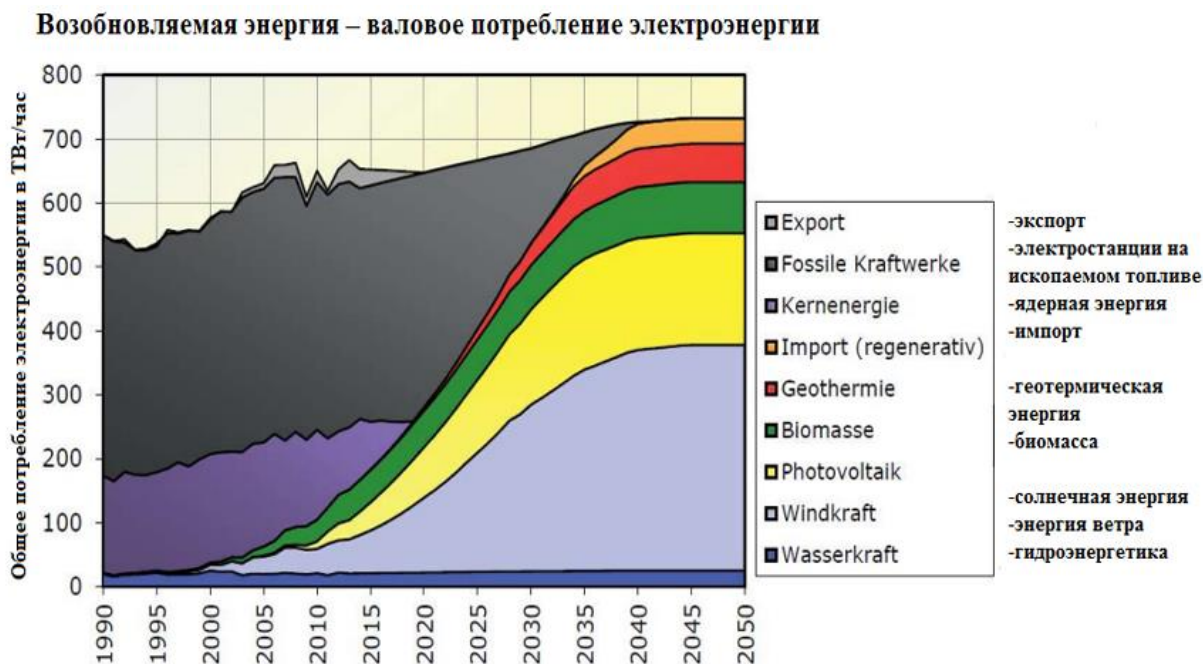


График валового потребления электрической энергии с учетом возобновляемых источников энергии

Данный график отчётливо показывает, что возобновляемые источники энергии с 2035–2040 года полностью заменят традиционные источники энергии, такие как энергия атома и сжигания топлива. Это напрямую говорит о том, что технологии ВИЭ являются энергоэффективными и ресурсосберегающими [4].

Исходя из получаемых данных, правительством ФРГ поставлена национальная задача по увеличению объема ресурсоэффективных энергоустановок, функционирующих за счёт ВИЭ: в течение тридцати лет, начиная с 2021 года ежегодно вводить в эксплуатацию до 180 ГВт ветровых энергетических установок и до 120 ГВт солнечных энергетических установок.

Подводя итог, можно сказать, что технологии получения электроэнергии и тепловой энергии за счёт возобновляемых источников энергии являются наиболее явным проявлением ресурсосберегающих технологий в энергетике.

Источники

1. Abrell J., Kosch M. Cross-country spillovers of renewable energy promotion–The case of Germany // *Resource and Energy Economics*. 2022. Vol. 68. P. 101293.
2. How renewable energy matter for environmental sustainability: Evidence from top–10 wind energy consumer countries of European Union / Chang L. et al. // *Sustainable Energy, Grids and Networks*. 2022. Vol. 31. P. 100716.
3. Fuchs G. Who Is Confronting Whom? Conflicts About Renewable Energy Installations in Germany // *Journal of Leadership, Accountability and Ethics*. 2021. Vol. 18, no 1. Art. 4008.
4. Role of solar-based renewable energy in mitigating CO2 emissions: evidence from quantileon–quantile estimation / Yu J. et al. // *Renewable Energy*. 2021. Vol. 182. C. 216–226.

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ ШВЕЙЦАРИИ

Кадырмятов Ю. Р.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

yulian.02@bk.ru

науч. рук. доц. Сидорова Д.Г.

Статья рассматривает особенности энергетической политики Швейцарии, направленной на снижение зависимости от импорта энергоресурсов и развитие возобновляемых источников в рамках «Энергетической стратегии 2050». Особое внимание уделено отказу от ядерной энергетики, последствиям для экономики и сравнению подхода Швейцарии с другими странами, такими как Германия, Франция и Япония.

Ключевые слова: Швейцария, энергетическая стратегия 2050, возобновляемая энергия, ядерная энергия.

Швейцария, страна с высоким уровнем жизни и низкими природными ресурсами, отличается продвинутым подходом к управлению энергетикой. В последние годы, несмотря на площадь всего в 41,3 тысячи км², страна наметила амбициозные цели в сфере устойчивого развития. На энергетическую политику сильно влияют уникальные географические условия, технологический прогресс и особая политическая модель.

В 2022 году структура энергопроизводства в Швейцарии выглядела следующим образом: гидроэнергетика — 60%, ядерная энергия — 30%, солнечная и ветровая — 10%. Значительная доля гидроэнергетики (около 35 млрд кВт·ч ежегодно) обусловлена обилием гор и водоёмов, где установлены 144 крупных гидроэлектростанции, эффективно использующие природный рельеф страны [1].

Однако солнечные и ветровые мощности сдерживаются особенностями климата и зависимости от географических условий, их доля составляет около 6%, при этом поддерживается наращиванием субсидий и государственной программы по декарбонизации. Начиная с 2010 года мощность солнечных электростанций возросла на 800%, что соответствует росту производственных мощностей в рамках общей стратегии снижения выбросов [2].

В 2017 году был утверждён план по постепенному выводу всех атомных станций из эксплуатации к 2050 году. Такое решение

продиктовано тремя основными факторами. Во-первых, это риск аварий на АЭС, ставший особенно очевидным после катастрофы на Фукусиме в 2011 году, который поднял в обществе и правительстве вопрос о безопасности. Во-вторых, высокие затраты на содержание, модернизацию и плановую замену оборудования на атомных станциях привели к необходимости пересмотра их экономической целесообразности. К примеру, в 2019 году была закрыта крупнейшая атомная станция Мюлеберг, и предполагается поэтапное закрытие оставшихся объектов. В-третьих, наличие развивающейся возобновляемой энергетики, поддерживаемой международными соглашениями и финансовыми инструментами, открывает путь к более экологически чистой энергетической системе.

Цели и задачи Энергетической стратегии 2050

1. Сокращение потребления энергии. Швейцария планирует сократить его на 43% к 2050 году по сравнению с показателями 2000 года. Внедрение энергоэффективных технологий и повышение осведомленности населения о необходимости бережного отношения к ресурсам играют важную роль в достижении этой цели.

2. Повышение доли возобновляемых источников. К 2050 году планируется довести долю возобновляемых источников до 70%, из которых 15% составят солнечные и ветровые мощности. Расширение гидроэнергетического сектора позволит снизить импорт ископаемых энергоносителей на 25%.

3. Снижение выбросов CO². Учитывая международные обязательства, страна нацелена к 2030 году снизить выбросы парниковых газов на 50% по сравнению с уровнем 1990 года, что подразумевает уменьшение использования нефти и газа [3].

Швейцария импортирует около 75% потребляемых энергетических ресурсов. Основная доля импорта приходится на нефть (40%), природный газ (15%) и уголь (5%), которые поступают из стран ЕС и России. Зависимость от этих источников ставит Швейцарию в зависимость от международных рыночных колебаний и кризисов. Зависимость от импорта энергоресурсов, в частности нефти и газа, повышает риски экономических колебаний и давления в условиях международных конфликтов. В рамках стратегии планируется уменьшение импортной зависимости и перераспределение ресурсов на развитие внутренней генерации, включая солнце, ветер и гидроэнергию.

Сравнение Швейцарии с другими странами демонстрирует отличия в подходе к ядерной энергии и зависимости от импорта. Германия, также отказавшаяся от атомных станций, продолжает использовать угольные

ТЭС, что затрудняет сокращение выбросов. Франция делает ставку на модернизацию АЭС, получая около 70% электроэнергии из атомной отрасли. Япония временно отказалась от АЭС, но, учитывая необходимость стабильности, частично восстанавливает их работу. Швейцария, в отличие от соседних стран, делает акцент на возобновляемые источники и намерена к 2050 году полностью отказаться от ядерной энергии.

Энергетическая политика Швейцарии, ориентированная на устойчивое развитие и снижение зависимости от внешних источников, служит примером долгосрочной стратегии для стран, стремящихся к экологически чистой энергетике. Несмотря на краткосрочные экономические затраты, связанные с инвестициями в инфраструктуру и технологии, Швейцария закладывает основу для энергетической безопасности и устойчивого роста.

Источники

1. Швейцарское федеральное управление энергетики [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.energydashboard.admin.ch/strom/stromverbrauch> (дата обращения: 22.10.2024).
2. Захватов, Р. В. энергетическая политика Швейцарии / Р. В. Захватов, Л. В. Мамина // Студенческий. – 2020. – № 2–4(88). – С. 5–6.
3. Энергетика Швейцарии [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.eda.admin.ch/aboutswitzerland/ru/home/wirtschaft/energie.html> (дата обращения: 22.10.2024)

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММЫ МАТЛАВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Каримов И.Р.

Худжандский политехнический институт Таджикского технического
Университета имени академика М.С. Осими, г. Худжанд, Таджикистан
Ibod_1991@mail.ru

С целью работы заключается применение программных средств для исследования переходных и рабочих режимов регулируемого электропривода переменного тока. Для этого в работе разработана компьютерная модель, с помощью которой можно построить статические механические характеристики при управлении по частотному закону $U/f=\text{const}$. Также в модели можно исследовать работу электропривода в режиме прямого пуска, что позволяет оценить пусковые характеристики электропривода без решения сложных математических задач и траты времени.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, электропривод, преобразователь частоты, механическая характеристика, скалярное управление.

Сегодня регулируемые электроприводы (РЭП) широко используются в различных механизмах и оборудования промышленности, где достойно выполняют свои технические функции. Одним из основных компонентов РЭП являются асинхронный двигатель (АД) и частотный преобразователь (ПЧ), благодаря чему такую систему управления электропривода (СУЭП) именовали ПЧ – АД. Однако с развитием методов управления и элементов силовой электроники, усложнились подходы к правильному выбору и настройке данной системы для ЭП механизмов. Выбор компонентов ЭП как ПЧ требуют значительных финансовых затрат, и потому перед их выбором, необходимо провести анализ совместимости статических характеристик ЭП с преобразователем [1, 2]. Известно, что эффективность и энергосбережение использования РЭП зависит от соответствия характера нагрузки механизмов и глубины регулирования ЭП [3]. Для моделирования РЭП, сначала необходимо моделировать ЭП в режиме нерегулируемого ЭП, где частотное управление отсутствует [4, 5]. В качестве инструмента моделирования выбрали систему MATLAB/Simulink, где можно проводить различные расчеты и моделирования технических объектов и систем [6]. В системе MATLAB

имеется библиотеки компонентов, с помощью которых создаются модели исследуемых объектов. В нашем случае используем библиотеку Sim Power System, где расположены элементы электрических цепей и систем.

Для моделирования нерегулируемого ЭП переменного тока необходимы следующие элементы системы:

- источник электрической энергии (Electrical Source);
- АД с короткозамкнутым ротором (Asynchronous Machine);
- измерительные приборы (Measurement);
- графопостроители (Scope).

Для исследования ЭП выбрали АД с короткозамкнутым ротором марки 4A180M4УЗ, параметры которого приведены в таблице 1.

Таблица 1

Паспортные и расчетные данные АД марки 4A180M4УЗ

№	Величина	Значение
1	Номинальное скольжение, s_n	0,02
2	Индуктивность статора и ротора, $L_{is} = L_{ir}$, (Гн)	$0,9434 \cdot 10^{-3}$
3	Взаимоиндукция, L_m , (Гн)	0,05328
4	Активное сопротивление статора, R_s , (Ом)	0,04294
5	Активное сопротивление ротора, R_r , (Ом)	0,0668
6	Номинальный момент, M_n , Н·м	195
7	Максимальный момент, M_n , Н·м	450
8	Номинальный ток, I_n , А	56
9	Номинальный угловой скорость, ω , рад/с	153,93
10	Номинальная мощность, P_n , кВт	30,00
11	Коэффициент полезного действия, η	0,91
12	Коэффициент мощности, $\cos\varphi$	0,9
13	Кратность максимального момента, k_M	2,3
14	Кратность пускового тока, k_I	6,5
15	Момент инерции, J , кг·м ²	$23,3 \cdot 10^{-2}$

С целью исследования нерегулируемого ЭП и расчёта с дальнейшим построением механических характеристик (МХ) АД, при частотном управлении по закону $U/f = const$ разработали компьютерную модель, которая приведена на рисунке 1, а результаты моделирования приведены на рисунках 2 и 3.

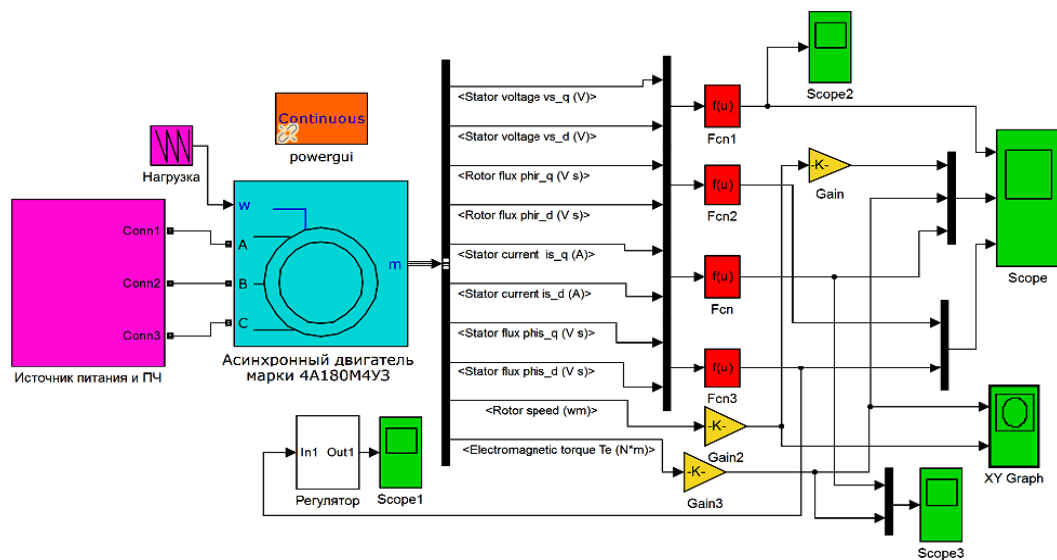
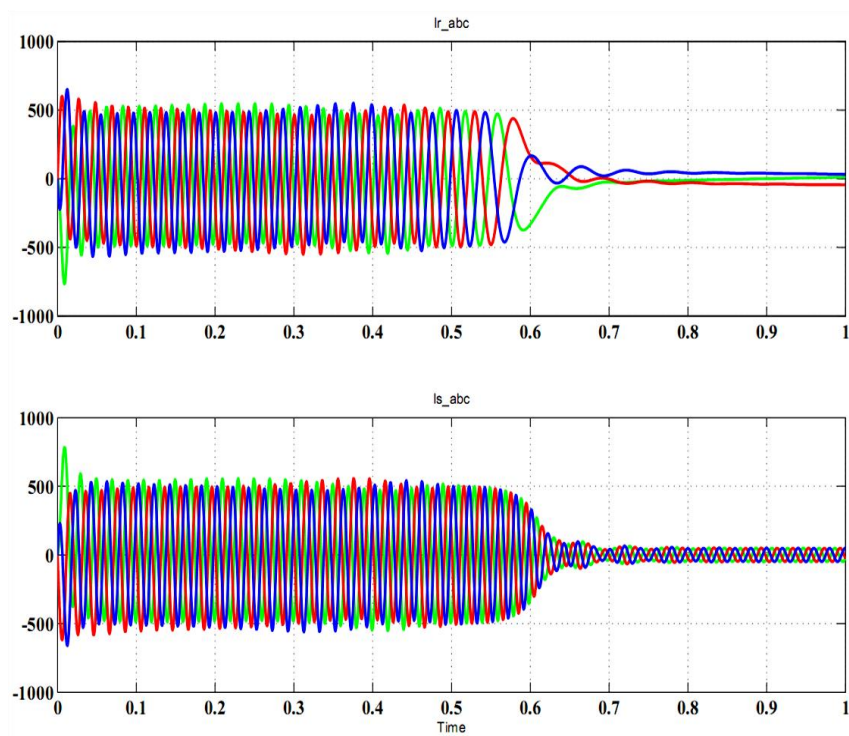


Рисунок. 1. Компьютерная модель для расчёта и построения МХ АД при частотном скалярном управлении



a)

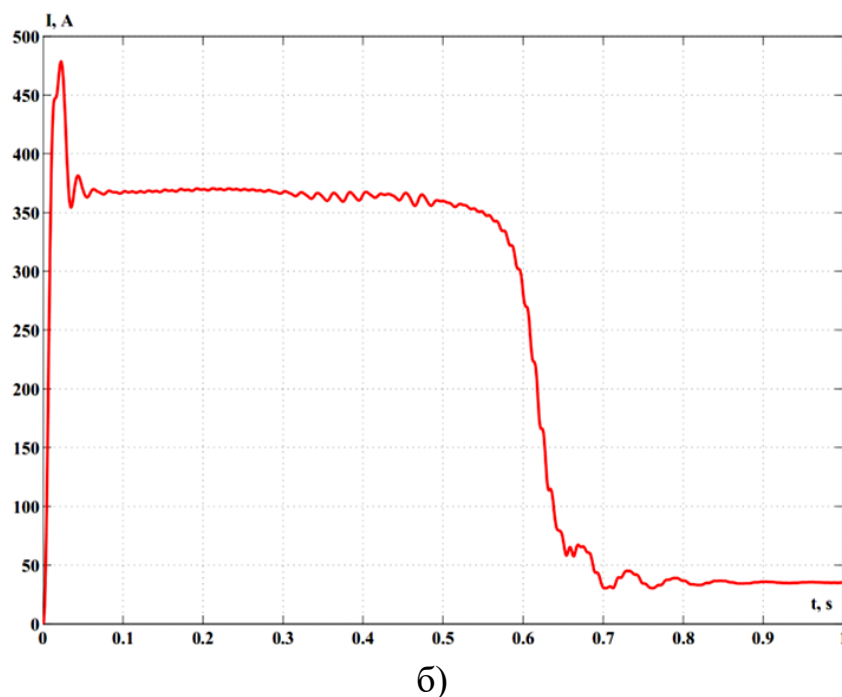


Рисунок. 2. Графики токов АД при прямом пуске: а – токи ротора и статора; б – действующее значение тока статора

На рисунке 2а показаны графики изменения токов статора и напряжения, а на рисунке 2б более детально показан изменение действующего значения тока статора АД в режиме нерегулируемого ЭП. Таким образом разработанная модель полностью симулирует рабочие режимы нерегулируемого ЭП. В разработанной модели для исследования РЭП, основными элементами являются «Источник питания и ПЧ» и «Асинхронный двигатель». Источник питания снабжает ПЧ симметричным трехфазным напряжением 400 В. В качестве электродвигателя выбрали АД той же марки, что у нерегулируемого ЭП (4А180М4УЗ). С целью расчёта и построения механических характеристик АД при частотном скалярном управлении, на механический вход двигателя «w» подается линейно изменяющаяся нагрузка с незначительной интенсивностью. На выходе двигателя берутся сигналы электромагнитного момента двигателя «Те» и сигналы угловой скорости АД, затем оба сигнала задаются на вход «XY Graph». В результате, формируется механическая характеристика АД при частотном законе U/f – управления. Изменение задания частоты напряжения, подаваемые на обмотку статора двигателя, осуществляется через блок «Источник питания и ПЧ». Частотный закон U/f – управления аналитически можно выразить следующим образом [7]:

$$U_1 = \frac{U}{\omega_{0.ном}} (\varpi_0 \cdot \omega_{0.ном}), \quad (1)$$

где ϖ – значение частоты напряжения в относительных единицах.

По идее, при частоте питания 50 Гц напряжение имеет значение 400 В, при 25 Гц, напряжение 200 В, так работает рассматриваемый частотный закон управления $U/f = const$ [8]. Результаты моделирования приведены на рисунке 3.

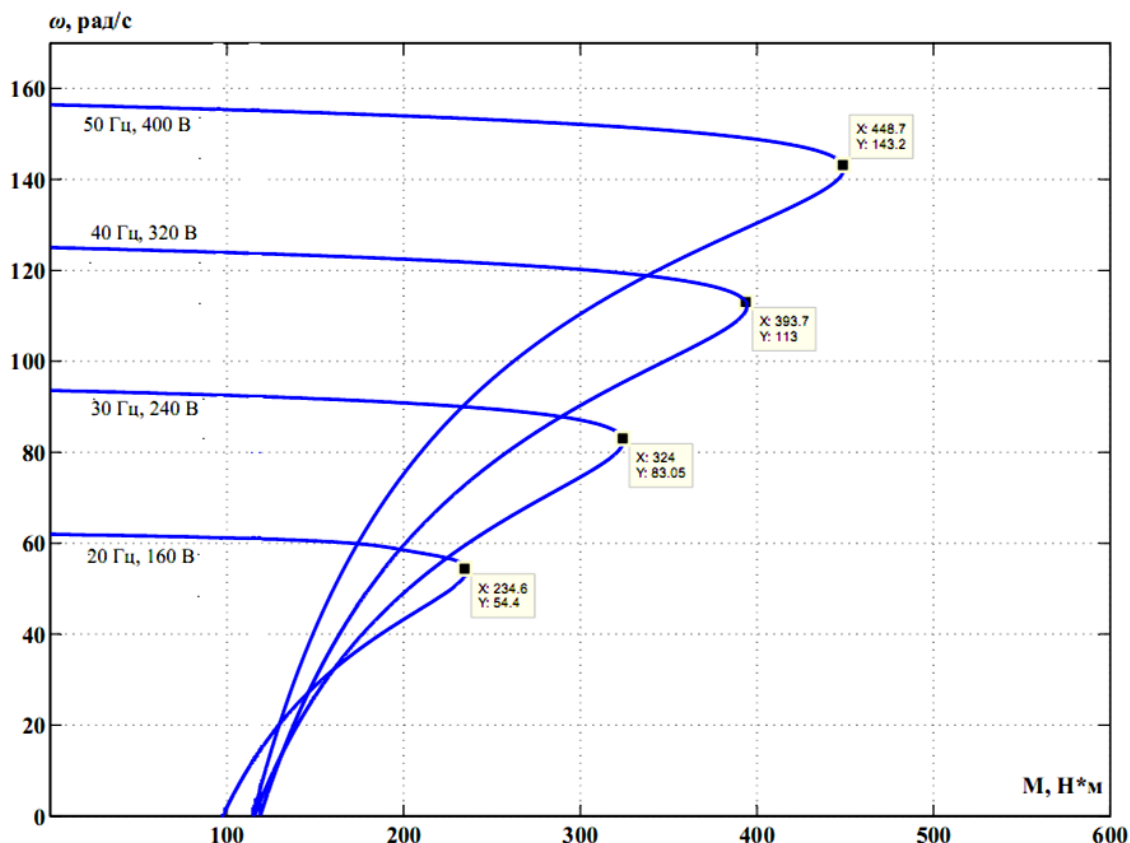


Рисунок. 3. Семейства МХ ЭП при частотном управлении по закону $U/f = const$

Как показали результаты моделирования, разработанная компьютерная модель на достаточном уровне симулировал процессы, происходящие в реальной ЭП, что свидетельствует о правильно разработанном модели. По техническому паспорту АД марки 4A180M4УЗ номинальный ток двигателя составлял 56 А, а пусковой ток 364 А, которых модель большой точностью рассчитал и показал на рисунке 26. Механические характеристики ЭП при частотном управлении по закону $U/f = const$ показанные на рисунке 3 совпадают с реальными характеристиками ЭП при таком способе регулирования. По курсу теории электропривода известно, что синхронная скорость АД зависит от частоты напряжения питания двигателя, а зависимость напряжения и электромагнитного момента АД считается квадратичной. Указанные

закономерности в ЭП и при частотном скалярном управлении ЭП соблюдены и показаны на механических характеристиках ЭП (рисунок 3).

Источники

1. Чиликин В.Г., Ключев В.И. Теория автоматизированного электропривода. – М.: Энергия, 1979. – 616 с.
2. Boldea, I. Induction Machines Handbook / I. Boldea. 3rd edition. Taylor & Francis, 2020. – 989 p. <https://doi.org/10.1201/9781003035206>
3. Разоков А.Р., Дадабаев Ш.Т. Постановка задачи по оптимизации работы текстильного электрооборудования при жарком климате. Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. 2012. № 11. С. 58–59.
4. Дадабаев Ш.Т. Компьютерное моделирование инвертора тока используемое для пуска высоковольтных электродвигателей. Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2019. № 2. С. 370–375.
5. Поздеев А.Д. Электромагнитные и электромеханические процессы в частотно–регулируемых асинхронных электроприводах/ А. Д. Поздеев – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 1998. – 172 с.
6. Дадабаев Ш.Т. Моделирование режимов пуска высоковольтного синхронного электропривода с устройством плавного пуска. В сборнике: САПР и моделирование в современной электронике. Сборник научных трудов I Международной научно–практической конференции. Под ред. Л.А. Потапова, А.Ю. Дракина. 2017. С. 91–94.
7. Ковач К.П. Переходные процессы в машинах переменного тока / К. П. Ковач, И. Рац; пер. с нем. – М. Л.: Госэнергоиздат, 1963. – 735 с.
8. Дадабаев Ш.Т. Компьютерное моделирование нагрева синхронных электроприводов насосных агрегатов при различных способах пуска. В сборнике: Перспективные информационные технологии (ПИТ 2017). труды Международной научно–технической конференции. 2017. С. 76–80.

ВЛИЯНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ КАПИТАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Колыхалов М.Е., Гаврилов В.А.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
mkolyxalov@bk.ru

Тезис посвящен исследованию воздействия автоматизации на устойчивость и безопасность систем электроснабжения капитальных строительных объектов. Рассмотрены основные аспекты автоматизированных технологий в управлении и мониторинге электросетей. Приведены количественные данные по влиянию автоматизации на сокращение аварий и улучшение показателей эффективности эксплуатации. Проведён анализ перспектив использования искусственного интеллекта для прогнозирования отказов и оптимизации потребления. Проведён анализ стандартов.

Ключевые слова: автоматизация, электроснабжение, устойчивость, безопасность, капитальное строительство, SCADA, IoT, энергоэффективность, предиктивная аналитика, эксплуатационные затраты.

Значительное увеличение энергопотребления и требований к надёжности электроснабжения крупных строительных объектов обуславливает необходимость автоматизации систем. Автоматизация позволяет предотвращать перегрузки, снижать вероятность аварий и оптимизировать расход энергоресурсов, что достигается благодаря непрерывному мониторингу и предиктивному обслуживанию. Такие системы соответствуют международным стандартам EN15232 и способствуют выполнению экологических целей за счёт повышения энергоэффективности и минимизации потерь энергии.

Внедрение интеллектуальных технологий в системы электроснабжения позволяет достичь значительных улучшений в управлении. Так, системы SCADA и IoT обеспечивают удалённый мониторинг и управление, снижая время устранения сбоев на 20–30% и вероятность отказов оборудования на 35% [1]. Применение цифровых двойников и алгоритмов машинного обучения обеспечивает предиктивный анализ состояния оборудования, что снижает вероятность аварий на 90% за счёт точного прогноза износа и потенциальных проблем. Эти технологии

особенно важны в условиях высоких нагрузок, характерных для объектов капитального строительства [2].

Системы автоматизации позволяют не только повысить надёжность энергоснабжения, но и существенно снизить затраты на эксплуатацию. По данным Международного энергетического агентства (IEA), компании, внедрившие системы автоматизации, экономят до 15% на эксплуатационных расходах, в основном за счёт минимизации времени простоя и сокращения частоты аварий [3]. Стандарты энергоэффективности, такие как EN15232 и сертификация EU.BAS, обеспечивают соответствие систем требованиям по снижению энергопотребления и выбросов CO², что актуально для крупных строительных объектов, где высокие нагрузки требуют эффективного распределения ресурсов. Применение САЗ снижает выбросы CO² до 15%, а использование автоматического управления на базе ИИ помогает достичь точности предсказания отказов до 90%, позволяя своевременно выявлять и устранять проблемы [4].

Алгоритмы машинного обучения обеспечивают возможность предиктивного обслуживания, моделируя поведение системы и прогнозируя сбои с точностью до 90%. Автоматизированный мониторинг параметров в режиме реального времени минимизирует влияние человеческого фактора и снижает вероятность ошибок на 25–30% [5]. Кроме того, благодаря использованию таких решений, как удалённое управление на базе SCADA, можно не только повысить надёжность работы оборудования, но и продлить срок его службы за счёт контроля перегрева и оптимизации условий эксплуатации [6].

В заключение, автоматизация систем электроснабжения объектов капитального строительства позволяет значительно повысить их устойчивость и безопасность. Применение современных технологий, таких как SCADA, IoT и алгоритмы машинного обучения, позволяет снизить эксплуатационные затраты, уменьшить выбросы углекислого газа и улучшить эффективность управления ресурсами. В условиях растущих требований к надёжности и энергоэффективности автоматизация становится ключевым элементом в обеспечении устойчивого и безопасного энергоснабжения.

Источники

1. Бородин, А. И. Системы SCADA для управления энергетическими объектами / А. И. Бородин // Автоматизация и цифровизация в энергетике. – 2020. – Т. 18, № 4. – С. 26–33.

2. Власов, И. А. Применение IoT в системах мониторинга электросетей / И. А. Власов // Электроэнергетика. – 2021. – Т. 22, № 2. – С. 15–23.
3. Григорьев, П. Е. Современные тенденции энергоэффективности в строительстве / П. Е. Григорьев // Вестник строительства и архитектуры. – 2019. – Т. 5, № 3. – С. 89–95.
4. Popescu, M., & Zhang, H. Smart grids and energy efficiency improvements / M. Popescu, H. Zhang // IEEE Transactions on Industrial Informatics. – 2019. – Vol. 15, № 5. – P. 2658–2665.
5. International Energy Agency (IEA). Energy Efficiency 2021: The Role of Digitalization and Automation. – Paris: IEA Publications, 2021. – 85 p.
6. Wu, Y., & Lin, C. Integration of Renewable Energy and Automation in Building Power Systems / Y. Wu, C. Lin // Journal of Electrical and Electronics Engineering. – 2021. – Vol. 27, № 4. – P. 142–152.

АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫМИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Кудряшов М.В., Шакурова З.М.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
kudriashoffmaksim@yandex.ru, shzumeyra@mail.ru

В данной работе проводится анализ существующих технических решений и алгоритмов, способствующих повышению надежности и точности управления электроэнергетическими режимами.

Ключевые слова: интеллектуальные сети, электроэнергетика, режим, интеллект, искусственный.

В настоящее время в электроэнергетике активно внедряются элементы автоматизации и интеллектуальных концепций управления электроэнергетическими системами.

Именно поэтому необходимо развивать концепцию «Smart Grid», так как данная концепция имеет достаточно широкое понятие в плане автоматизации и управления энергосистемами.

Такая интеллектуальная электрическая сеть представляет собой часть энергосистемы или операционной зоны какого-либо диспетчерского управления в которой осуществляется внедрение элементов цифровых технологий: дистанционное управление; использование новых устройств передачи аварийных сигналов и команд (основанных на оптоволоконных кабелях связи) [1]; новые устройства телемеханики и телеуправления, базирующихся на микропроцессорных устройствах; комплексное управление распределительной сетью с использованием SCADA.

Внедрение данного вида управляющих систем необходимо в связи с тем, что электрические сети многих стран представляют собой радиальные линии [2]. На примере энергетической системы Российской Федерации рассмотрим технические решения в части цифровизации оперативно-диспетчерского управления.

Если не управлять генерацией и потреблением в крупной энергосистеме, то будет наблюдаться нестабильность частоты, что может вызвать лавину частоты, или превышение допустимых нормы для первой

синхронной зоны России. Именно по этой причине необходимо ежесекундно осуществлять единоличное управление электроэнергетическим режимом в такой системе. Поэтому такие сложные и неструктурированные сети необходимо синхронизировать между собой.

Управляющие системы должны обладать достаточно высокой производительностью, которые смогут принимать и обрабатывать одновременно множество сигналов телеизмерений и телемеханики.

Системы SCADA в составе концепции Smart Grid подразумевают под собой разработку управляемых компонентов сетей связи, которые обладают возможностью самодиагностироваться и анализировать состояние оборудования, к которому такие устройства подключаются – это одно из направлений данной концепции.

Так как цифровизация активно интегрируется во многие процессы и особенно актуально сейчас развитие и внедрение искусственного интеллекта или нейронных сетей, то необходимо определить применимость такого вида цифровых технологий в такую отрасль. Важно отметить, что создание полностью автоматизированной системы управления электроэнергетической системой невозможно, но при этом стоит выделить следующие возможности применения искусственного интеллекта (ИИ) [3]:

- нахождение «узких» мест, где посредством планирования и расчёта можно разработать систему прогнозирования;
- определять неисправность во внутренних системах комплекса, в который интегрирован искусственный интеллект;
- демонстрация возможностей предиктивной аналитики и системы «советования» при принятии решений диспетчером.

Если говорить не только напрямую об оперативно–диспетчерском управлении, но и процессах сопровождения, то стоит отметить, что внедрение ИИ позволит административно–техническому персоналу сократить нагрузку при обработке документации или каких–либо деловых процессов [4].

Помимо Smart Grid можно отметить цифрового двойника, который является «олицетворением» локальной электрической сети какого–либо предприятия, подстанции или электростанции. Такое техническое решение применяется в случае отсутствия необходимости отдавать большое количество различных сигналов и управляющих воздействий в диспетчерские центры. Цифровой двойник в данном случае подразумевает больше управление конкретным статичным технологическим процессом, чем Smart Grid [5].

Системным оператором Единой энергетической системы Российской Федерации активно внедряется концепция Smart Grid и достаточно давно развивается система SCADA. Для субъекта оперативно–диспетчерского управления в электроэнергетике внедрение искусственного интеллекта в работу может принести достаточно большую пользу, т.к. при расчёте электроэнергетических режимов будет проще строить ремонтные схемы или предусматривать меры по ликвидации аварийных событий.

Подводя итоги, можно сказать, что на данный момент цифровизация и внедрение искусственного интеллекта в электроэнергетику является достаточно перспективным направлением в области оперативно–диспетчерского управления, что позволяет повысить точность, своевременность и правильность принятия решений в случае возникновения аварийных ситуаций в Единой энергетической системе.

Источники

1. Любарский Ю.Я. интеллектуальные модели рассуждений в советчике диспетчера электрических сетей // Электрические станции. 2017. № 3. С. 35–39.
2. Концепция интеллектуальной электроэнергетической системы России с активно–адаптивной сетью / Р.Н. Бердников, В.В. Бушуев, С.Н. Васильев и др.; под ред. акад. РАН В.Е. Фортова и А.А. Макарова. – М.: ФСК ЕЭС, 2012. – 236 с
3. Концепция интеллектуальных энергосистем и возможности ее реализации в российской электроэнергетике / И.О. Волкова, В.Р. Огороков, Р.В. Огороков, Б.Б. Кобец. – М.: Изд–во ИНПРАН, 2011. – 65 с
4. Задорожний А.В., Огороков Р.В. Актуальные проблемы развития электроэнергетики России // Экономические реформы в России: сб. науч. тр. – СПб.: Изд–во Политехн. ун–та, 2010. – С. 92–98.
5. Кобец Б.Б., Волкова И.О. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid. – М.: ИАЦ Энергия, 2010. – 208 с.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ КОРРОЗИИ НА МЕТАЛЛИЧЕСКУЮ ЧАСТЬ ДЕТАЛЕЙ ИНЖЕНЕРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Мамедзаде Р.К., Джамалханова И.С.

Сумгаитский Государственный Университет, г. Сумгаит, Азербайджан

camalxanovairade@mail.ru

Надежная работа металлических частей электрооборудования зависит от их коррозионной стойкости. В результате экспериментальных исследований установлено, что металлические части электрооборудования повреждаются в результате различных видов коррозии. В областях, где прокладываются кабели, коррозия имеет тенденцию к широким границам. Этот фактор необходимо учитывать при проектировании электрооборудования

Ключевые слова: коррозия, электрохимическая, металл, почва, минеральные соли, инженерное строительство, электрооборудования.

При изучении коррозионных разрушений на кабельных линиях, различают такие понятия, как среда, в которой происходит коррозия металла, тип коррозии, коррозионный процесс, вид коррозии.

По типам коррозия подразделяется на электрохимическую и химическую.

Электрохимическая коррозия – взаимодействие металла с коррозионной средой (раствором электролита), при котором ионизация атомов металла и восстановление окислительной компонентов коррозионной среды протекают не в одном акте и их скорости зависят от электродного потенциала.

При электрохимической коррозии происходят два параллельно идущих процесса : окислительной и восстановительной. Такая коррозия сопровождается прохождением электрического тока.

Химическая коррозия – взаимодействие металла с коррозионной средой , при котором окисление металла и восстановление окислительного компонента коррозионной среды протекают в одном акте.

Почвенная влага представляет собой электролит различного состава и концентрации, при химической коррозии металл взаимодействует со средой , не проводящей электрический ток. Многие ответственные детали инженерных конструкций сильно разрушаются от такой коррозии.

В зависимости от степени коррозионного разрушения могут иметь место следующие виды коррозии: сплошная коррозия, протекающая с неодинаковой скоростью на различных участках поверхности металла, местная коррозия, охватывающая отдельные участки поверхности металла.

Газовая коррозия по типу относится к химической коррозии и происходит при отсутствии конденсации влаги на поверхности. Этот вид коррозии встречается на кабельных линиях при повышенных температурах в окружающей среде.

Атмосферная коррозия – наиболее распространенная, т.к. большинство металлических конструкций эксплуатируются в атмосфере.

Этот вид коррозии по механизму своего действия можно отнести к электрохимической. Атмосферной коррозии особенно подвержены кабельные конструкции и кабели, эксплуатируемые в кабельных сооружениях.

Подземная коррозия вызывается химическим или электрохимическим действием окружающих сред в почвах и грунтах, эта коррозия – одна из опаснейших для кабелей, имеющих свинцовую или алюминиевую оболочку и стальную броню, а также для фундаментов опор линий электропередачи.

Опасным в отношении коррозии оболочки кабеля являются участки скопленные в группе различного мусора, извести, шлака, золы: места стока жидкостей от фабрик, заводов и т.д.; территории животноводческих ферм. Известен случай, когда кабель со свинцовой оболочкой, проложенный на участке в несколько десятков километров, находясь в интересной коррозионной среде, пришел в течение 10 лет в негодное состояние; в другом районе свинцовая оболочка кабеля за 5–7 лет эксплуатации была подвергнута разрешению из-за подземной коррозии.

Кабели, прокладываемые по дну водоемов, в той или иной степени, подвергаются так называемой подводной коррозии.

Подводная коррозия в морской среде определяется значительным содержанием в ней минеральных солей (0,2 – 3,5 %) Кабель, проложенный в морской воде по какой-либо причине оказавшийся недостаточно закрытым грунтом, в месте выхода из воды на поверхность обрастает животными и растительными организмами. Под влиянием жизнедеятельности этих организмов усиливаются коррозионные процессы.

В этих условиях существует опасность возникновения коррозии кабелей, т.к. кроме растворенного кислорода здесь в большом количестве имеются пузырьки воздуха. Такая вода вызывает разрушение покрова из волокнистого материала и тем влиянием солевого раствора и кислорода,

уже не прекращается, т.к. движущаяся вода скрывает и уносит с кабеля продукты коррозии. Разрушение свинца усиливается с увеличением концентрации хлористых солей от 0,1 до 1 %.

Биокоррозия происходит под влиянием жизнедеятельности микроорганизмов, встречается на поверхности кабелей, а так же на фундаментах опор воздушных линий, трассы которых проходят по болотам и грунтам, где затруднен доступ воздуха.

Контактная коррозия – является одной из разновидностей электрохимической коррозии. Этот вид коррозии вызывается контактом металлов, имеющих разные стационарные потенциалы в данном электролите.

Межкристаллитная коррозия – распространяющаяся по границам кристаллов металла. При межкристаллитной коррозии металл внешне остается без изменений, но разлагается на мелкие отдельные кристаллики при ударе по нему. При некоторых условиях возникает коррозионное растрескивание, при котором создаются коррозионные трещины, не только распространяющиеся по границам зерен кристаллов металла, но и прорезывающего даже само тело кристаллита.

Например, при растворении стали в кислотах разрушается феррит, а более устойчивыми являются карбиды. Она наблюдается при коррозии чугунов.

Точечная коррозия – местная коррозия в виде отдельных точечных поражений, иногда еле заметна на глаз, но проникает глубоко в металл. Объясняется это тем, что в больших городах в воздух выбрасывается большое количество мельчайших частичек несгоревшего угля (сажа).

Эти частички оседают на поверхности металла, а уголь, как известно, хорошо притягивает некоторые газы, которые растворяясь, создают значительное количество электролита, иногда очень большой концентрации в виде кислоты или солей. Этот вид коррозии поражает чаще всего кабельные конструкции, имеющие недостаточную противокоррозионную защиту.

Подповерхностная коррозия – местная коррозия, начинающаяся на поверхности, но преимущественно распространяющаяся под поверхностью металла таким образом, что продукты коррозии и разрушения оказываются сосредоточенными в некоторых областях внутри металла. Подповерхностная коррозия часто вызывает его расслоение и выпучивание металла.

Коррозия блуждающим током – представляет собой электрохимическую коррозию металла, вызываемую воздействием на

кабель блуждающих токов от некоторых внешних электрических установок. Источником блуждающих токов и коррозий является рельсовая сеть электрофицированного транспорта или распределительная сеть постоянного тока с частичным или полным возвратом рабочего тока через землю.

Опасность для кабельных линий, прокладываемых в земле, представляют разложенные рядом заземления электросиловых установки. Имеются случаи, когда выход из строя кабеля из-за коррозии оболочки поступают уже через 1–2 года эксплуатации источниками такого электрического воздействия могут быть преобразовательные станции и подстанции, силовые участки электролизных цехов, мощные выпрямительные установки и т.п.

Источники

1. Спирин А.А., Фархадзаде Э.М., Агаев А.Д. Повышение электро–безопасности и надежности электроснабжения, М., ВНИИОЭГ, 1973
2. Агаев А.Д. Экспериментальная оценка эффективности гидрофобной обработки заземляющих проводников электроустановок подстанций и опор ЛЭП нефтегазовых промыслов .Нефть и газ.1992 №3–4

СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕНДЫ В РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Медведев К.Р., Минкин А.С.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
kirkmevded228@gmail.com

В тезисе рассматриваются современные тренды в области релейной защиты, заостряется внимание на предполагаемых инновационных технологиях и методах, которые могут способствовать повышению надежности и эффективности энергетических систем.

Ключевые слова: релейная защита, энергетические системы, метод.

В современных условиях электроснабжения промышленных предприятий (ПП) все большее значение приобретает использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ), таких как солнечная, ветровая и гидроэнергии. Интеграция ВИЭ в электросети приводит к повышению требований к релейной защите по следующим причинам:

- возникновение новых режимов работы электросетей, требующих специальных мер защиты;

- необходимость обеспечения надежной и селективной защиты электросетей с учетом присутствия ВИЭ [1].

Использование искусственного интеллекта (ИИ) в релейной защите позволило бы повысить надежность и эффективность работы электросетей. Алгоритмы ИИ могут применяться для: аналитики больших данных, собираемых релейными устройствами защиты, для выявления закономерностей и оптимизации параметров защиты [2].

В настоящее время система релейной защиты электрической сети представляет собой совокупность микропроцессорных терминалов РЗ, соединенных между собой каналами связи. Каждый из терминалов защищает один объект сети (например, трансформатор подстанции), поэтому общее их количество и стоимость системы РЗ значительны [3, 4].

Поскольку к устройству РЗ предъявляются повышенные требования по быстродействию (полное время срабатывания не должно превышать 0,03 с), для их выполнения можно поставить следующую задачу: алгоритмы должны быть оптимизированы для достижения минимального

времени расчета, в том числе с использованием встроенных функций микроконтроллеров, выполняющихся за один такт.

Для выполнения этого требования предлагаю следующее: во время базовой обработки токов и напряжений (цифровая фильтрация, выделение гармонических составляющих), а также для реализации алгоритмов релейной защиты можно воспользоваться микроконтроллерами серии STM32F4. Они характеризуются очень широкими функциональными возможностями при сравнительно невысокой цене. В частности, весьма полезными особенностями микроконтроллеров этой серии для целей релейной защиты и обработки сигналов являются встроенные функции цифровой обработки сигналов (DSP) и аппаратная поддержка вычислений с плавающей точкой (FPU).

Для интеллектуального реле корпус можно изготовить с использованием комплектующих Rittal.

Для реализации человеко–машинного интерфейса на передней стороне закреплена промышленная панель оператора *Weintek MT8071iE*, с помощью которой можно просматривать параметры текущего режима сети, контролировать и изменять уставки релейной защиты, а также просматривать осциллограммы аварийных режимов.

У данного устройства могут быть определенные преимущества, по сравнению с их более старыми «братьями». Вот некоторые из них:

В отличие от обычных РЗ, в интеллектуальное реле для загрузки (прошивки) готовых программ в память микроконтроллера используются интерфейсы типа RS–232, RS–485 или Industrial Ethernet, позволяющие также осуществлять связь с АСУ верхнего уровня. Некоторые модели программируемых интеллектуальных реле позволяют наращивать возможности коммуникации при помощи специальных модулей расширения. Также «умное» реле имеет электронные панели, с помощью которых можно управлять и отображать информацию на электронных панелях и дисплеях. При помощи программирования можно создавать пользовательские интерфейсы, отображение информации, и контролировать функциональные элементы.

Внедрение автоматической настройки параметров релейной защиты позволит адаптировать устройства защиты к изменяющимся условиям работы электросетей, а также позволит сократить количество и как следствие общую стоимость защиты. Это может быть реализовано путем применения систем автоматического управления, которые настраивают параметры защиты на основе данных о текущем состоянии электросети и нагрузок [5, 6].

В заключение, можно сказать, что современные тренды в релейной защите электроснабжения промышленных предприятий являются важным направлением развития электротехники и электроэнергетики. Следование этим трендам позволит обеспечить высокие требования к надежности, безопасности и эффективности работы электросетей, а также приспособить релейную защиту к новым условиям работы электросетей с высокой долей возобновляемых источников энергии и распределенных генераторов.

Источники

1. Григораш О.В., Корзенков П.Г. Автономные системы электроснабжения на возобновляемых источниках энергии // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2013. № 93. С. 646–658. URL: ej.kubagro.ru/archive.asp?n=93.
2. Марченко О.В., Соломин С.В. Анализ экономической эффективности возобновляемых источников энергии в децентрализованных системах электроснабжения // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». 2009. Т. 73. № 5. С. 78–84.
3. Сабиров И.И., Гавриленко А.Н. Автоматизированные системы контроля состояния силовых трансформаторов. В сборнике: Диспетчеризация и управление в электроэнергетике. Материалы XVII Всероссийской открытой молодежной научно–практической конференции. Редколлегия: А.Г. Арзамасова (отв. редактор). Казань, 2022. С. 315–317.
4. Султанова Г.И., Гавриленко А.Н. Использование коммуникационных технологий для построения системы релейной защиты. В сборнике: Диспетчеризация и управление в электроэнергетике. Материалы XVII Всероссийской открытой молодежной научно–практической конференции. Редколлегия: А.Г. Арзамасова (отв. редактор). Казань, 2022. С. 45–48.
5. Шнеерсон, Э. М. Цифровая релейная защита / Э.М. Шнеерсон. — Москва: Энергоатомиздат, 2007. — 549 с.
6. Нудельман, Г. С. Релейная защита следующего десятилетия // Электроэнергия. Передача и распределение. — 2011. — № 2.

РАЗРАБОТКА СЕТЕВОГО ГРАФИКА НА ОСНОВАНИИ АЛГОРИТМА КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА ТРАНСФОРМАТОРА ТМ 10/0.4 КВ БЕЗ ЗАМЕНЫ ОБМОТОК

Мингазов З.Т., Владимиров О.В.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
mzulfat@list.ru

Силовой трансформатор является дорогостоящим и ответственным элементом оборудования энергосистемы. Поэтому важно проводить различные профилактические мероприятия по техническому обслуживанию, чтобы поддерживать его работоспособность и продлить срок его службы.

Ключевые слова: трансформатор, капитальный ремонт, алгоритм, обмотки, методика

Капитальный ремонт трансформатора – это процесс полного восстановления трансформатора, включающий в себя замену всех изношенных или поврежденных компонентов, проведение необходимых технических и технологических изменений, проверку и правку всех параметров и характеристик трансформатора. Капитальный ремонт наделяет трансформатор возможностью работать долгое время в условиях максимальной надежности и эффективности.

В рамках капитального ремонта без замены обмоток могут выполняться работы по очистке и промывке обмоток, их обработке специальными составами для восстановления изоляции, измерению и диагностике электрических параметров обмоток, а также мероприятия по усилению и защите изоляции.

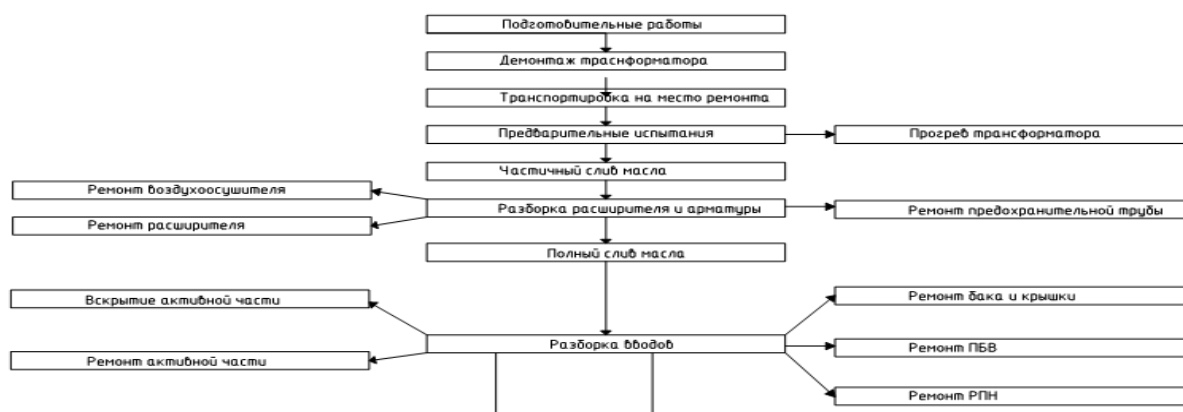
В настоящее время имеются много документов по капитальному ремонту трансформатора [1, 2]. На основании документа «СО 34.46.615–2006» был взят алгоритм и составлен сетевой график.

Рассмотрим все этапы капитального ремонта без снятия обмоток, от его начала до конца.

- 1.Подготовительные работы.
2. Демонтаж трансформатора и транспортировка на место ремонта.
3. Прогрев трансформатора до рабочей температуры и его вскрытие.
4. Предремонтные испытания.
- 6.Разборка расширителя и арматуры.

7. Полный слив масла из трансформатора.
8. Разборка вводов.
9. Вскрытие активной части.
10. Ремонт бака и крышки трансформатора.
11. Ремонт активной части.
12. Ремонт переключателя ПБВ.
13. Ремонт переключателя РПН.
14. Ремонт системы охлаждения.
15. Ремонт предохранительной трубы.
16. Ремонт расширителя.
17. Ремонт термосифонного уплотнителя.
18. Ремонт вводов.
19. Ремонт воздухоосушителя.
20. Сборка системы охлаждения и арматуры.
21. Установка активной части в бак.
22. Установка расширителя.
23. Заливка масла в трансформатор.
24. Установка вводов и контрольно-измерительных приборов на крышку трансформатора.
25. Испытание трансформаторного масла.
26. Доливка масла в трансформатор.
27. Прогрев трансформатора..
28. Испытание трансформатора
29. Установка трансформатора.

Алгоритм капитального ремонта без замены обмоток можно видеть на рисунке:



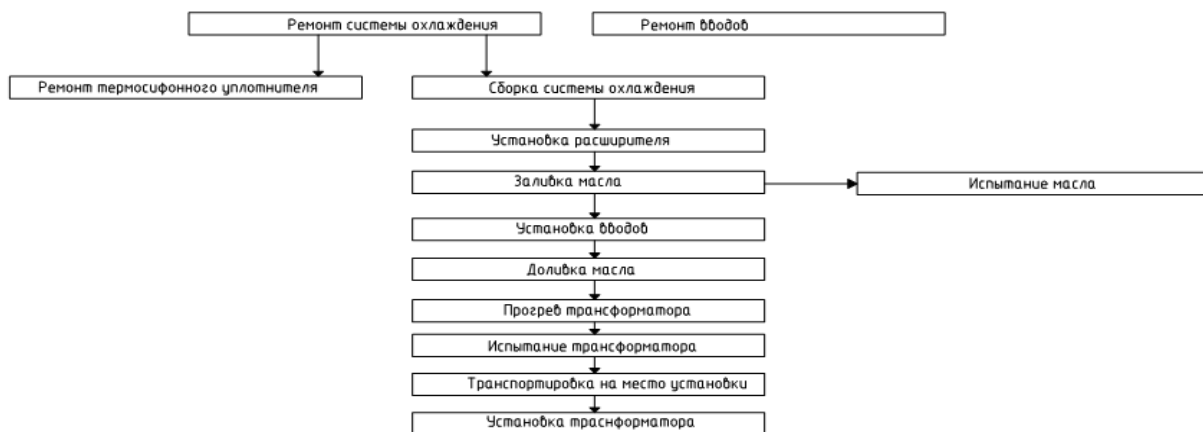


Рис. 1. Алгоритм капитального ремонта без замены обмоток

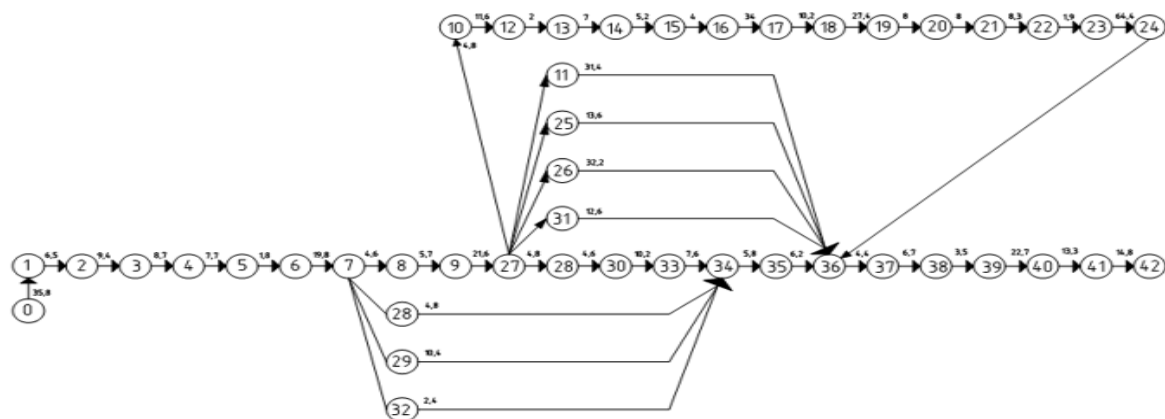


Рис. 2. Сетевой график капитального ремонта

Таким образом, сетевой график дает возможность определить какие работы или операции из числа многих являются «критическими» по своему влиянию на общую календарную продолжительность проекта и каким образом построить наилучший календарный план проведения всех работ по данному проекту с тем, чтобы выдержать заданные сроки при минимальных затратах.

Источники

1. Чуркин, И. А. "Основы строения масляного трансформатора". – М.: МЭИ, 2012. – 256 с.
2. СО 34.46.615–2006 Трансформаторы силовые масляные. Нормы времени на капитальный ремонт. М.: ОАО «ЦКБ Энергоремонт», 2006. – 5.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА

Минуллин Д.Э., Валиуллина Д.М.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
Dinar2580@gmail.com, valiullinadiliya@mail.ru

В современном мире энергетики и эленики системы охлаждения трансформаторного масла играют важную роль в обеспечении надежной работы оборудования. В данном исследовании рассматриваются альтернативные системы охлаждения трансформаторного масла, имеющие потенциальное превосходство над стандартными системами. Будет рассмотрена технология использование наноматериалов. Исследование позволит выявить потенциал альтернативной системы охлаждения для повышения эффективности и надежности работы трансформаторов, а также определить направления для будущих разработок в этой области.

Ключевые слова: трансформаторное масло, охлаждение, наноматериалы, тепловой поток, увеличение плотности.

Трансформаторные масла — минеральные масла высокой чистоты и низкой вязкости. Применяются для заливки силовых и измерительных трансформаторов, реакторного оборудования, а также масляных выключателей. Предназначено для изоляции находящихся под напряжением частей и узлов силового трансформатора, отвода тепла от нагреваемых при работе трансформатора частей, а также предохранения изоляции от увлажнения [1]. Трансформаторные масла выполняют функции дугогасящей среды.

В настоящий день существует несколько основных типов систем охлаждения трансформаторного масла. При воздушном охлаждении используются вентиляторы для охлаждения трансформаторного масла воздухом. Это наиболее распространенный и дешевый способ. В крупных трансформаторах используется водяное охлаждение, где вода циркулирует через радиаторы. Нижнее охлаждение – метод, при котором само масло циркулирует через радиаторы [2].

Некоторые альтернативные системы охлаждения, которые могут иметь потенциальное превосходство над стандартными системами в будущем.

Для процесса охлаждения трансформаторного масла необходимо учитывать ряд параметров, таких как тепловые характеристики масла, тепловые характеристики охладителя, температура окружающей среды, площадь поверхности охлаждения и теплопроводность материалов.

Одним из методов расчета эффективности охлаждения является формула Ньютона–Лейбница, которая позволяет определить тепловой поток через поверхность охлаждения. Формула имеет вид:

$$Q = \frac{kS(T_1 - T_2)}{\delta} \quad (1)$$

где Q – тепловой поток через поверхность охлаждения, k – теплопроводность материала охлаждения, S – площадь поверхности охлаждения, T_1 и T_2 – температуры масла и охладителя соответственно, δ – толщина слоя охлаждения.

Для оптимального охлаждения трансформаторного масла важно регулировать скорость циркуляции охлаждающей жидкости, поддерживать оптимальную температуру в системе и обеспечивать равномерное распределение тепла. При правильном подборе параметров и системы охлаждения масла трансформатора можно добиться эффективной работы оборудования и повышения его надежности [3].

Если тепловой поток выше, то охлаждение происходит эффективнее. Поскольку тепловой поток представляет собой количество тепла, передаваемого через поверхность за определенное время, чем больше поток тепла, тем быстрее будет происходить охлаждение. Из формулы 1 следует, что для эффективного охлаждения трансформаторного масла можно увеличить поверхность охлаждения или увеличить плотность, а следовательно теплопроводность охлаждающего материала.

Увеличение поверхности охлаждения позволяет увеличить теплообмен между маслом и охлаждающей жидкостью, что способствует более эффективному охлаждению.

Увеличение плотности и теплопроводности охлаждающего материала также позволяет увеличить скорость теплоотдачи и улучшить процесс охлаждения. Выбор материала с высокой теплопроводностью, а также его оптимальное использование в системе охлаждения может значительно повысить эффективность работы трансформатора и продлить срок его службы [4].

Одним из потенциальных способов достижения этой цели является увеличение плотности масла с помощью наночастиц, что в свою очередь может увеличить его теплопроводность.

Улучшение теплопроводности с помощью добавления наночастиц позволяет улучшить теплопроводность масла. Наночастицы эффективно передают тепло и помогают распределить его равномерно по всему объему. Это позволяет снизить температуру внутри трансформатора и повысить эффективность охлаждения.

Увеличится поверхность контакта, наночастицы имеют большую поверхность по сравнению с макроскопическими частицами, это способствует увеличению контактной поверхности между наночастицами и маслом, что улучшает теплоотдачу и повышает эффективность охлаждения.

Улучшение стабильности и надежности: использование наноматериалов может способствовать надежной работе трансформатора. Например, наночастицы могут помочь снизить вероятность образования угаров или осадков в масле, что может повысить его долговечность и улучшить электрическую изоляцию [4].

В качестве наночастиц, которые могут быть добавлены в трансформаторное масло для улучшения его теплопроводности, могут использоваться различные материалы:

1. Металлические наночастицы, такие как медь, серебро или алюминий. Они обладают высокой теплопроводностью и способны эффективно отводить тепло, что может помочь в улучшении характеристик трансформаторного масла.

2. Углеродные наночастицы, такие как углеродные нанотрубки или графен. Они обладают высокой теплопроводностью и могут быть эффективными добавками для улучшения теплопроводности трансформаторного масла.

3. Диэлектрические наночастицы, такие как оксиды металлов (например, оксид алюминия или оксид циркония). Они могут улучшить диэлектрические свойства масла, а также обладают хорошей теплопроводностью.

4. Полимерные наночастицы, такие как наночастицы полиэтилена. Они могут улучшить механические свойства масла и помочь в снижении трения в трансформаторе.

Использование различных материалов для создания наночастиц позволяет выбирать наиболее подходящие в зависимости от конкретных требований к трансформаторному маслу и желаемых свойствам улучшений.

Хотя использование наноматериалов в трансформаторном масле может иметь свои преимущества, есть также некоторые потенциальные

минусы. Одним из них является стоимость. Производство наноматериалов требует специального оборудования и технологий. Это может привести к увеличению общей стоимости обслуживания трансформатора. Так же могут возникнуть технические сложности. Интеграция наноматериалов в трансформаторное масло может порождать технические сложности, такие как необходимость оптимизации процессов смешивания и диспергирования наночастиц. Неправильное введение наноматериалов может привести к нежелательным последствиям, таким как образование осадков [5].

В целом, применение наноматериалов в трансформаторном масле представляет перспективный подход для совершенствования работы электроэнергетического оборудования, при учете всех плюсов и недостатков.

Источники

1. Исследование эффективности адсорбционной очистки трансформаторных масел, состаренных под воздействием разрядных процессов / Ю. Н. Слободина, Ш. Ф. Рахманкулов, О. В. Воркунов, М. Ш. Гарифуллин // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2024. – № 1(363). – С. 185–192.
2. ГОСТ 982–80. Масла трансформаторные. Технические условия.
3. Каблов В.Ф., Крекалева Т.В. Введение в нанотехнологию. // Учебное пособие// 2020. С. 10–16.
4. Добродей А.О. Нанотехнологии в электроэнергетике. // Учебное пособие// Гомель 2021. С. 66–77.
5. Hasanain M.A., Mohd F.A., Khalid A.K., Sughra Muzaffar. Thermo–electric Impact of Nano–Materials on Transformer Oil and Synthetic Ester Oil. // Nanomaterials: Applications & Properties // Aligarh, India 2020.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ГИДРОГЕНЕРАТОРОВ МАЛЫХ ГЭС

Миронова Е.А, Иксанов Ф.Ф.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
mironova.energo@yandex.ru

В статье рассматриваются основные подходы к техническому обслуживанию гидрогенераторов малых ГЭС, мероприятия по их увеличению надежности и эффективности, примеры практического применения и перспективы развития.

Ключевые слова: малые ГЭС, гидрогенераторы

Малые гидроэлектростанции (ГЭС) имеют принципиальное значение для обеспечения энергетической устойчивости, особенно в отдаленных и труднодоступных районах. Они предоставляют экологически чистую энергию и помогают уменьшить выбросы парниковых газов. Однако, эффективность работы малых ГЭС во многом зависит от состояния их гидрогенераторов, которые являются ключевым элементом преобразования энергии.

Гидрогенераторы являются ключевым элементом малых гидроэлектростанций (ГЭС), обеспечивая преобразование механической энергии воды в электрическую. К основным неисправностям гидрогенераторов малых ГЭС можно отнести: попадание инородных тел в рабочую зону гидротурбины а гидроагрегатах установленных в горных районах; дефекты изоляции, которые могут появиться из-за высокой температуры, влажности, загрязнённости, повышенных механических напряжений при пусках и остановках; износ рабочего колеса гидротурбины из-за трения воды о лопасти рабочего колеса, так как гидроагрегаты часто работают в горных регионах, где в воде есть частицы твёрдых горных пород.

Техническое обслуживание и эксплуатация гидрогенераторов включают в себя диагностику, плановое и внеплановое обслуживание, а также управление их работой. В условиях ограниченных ресурсов и сложности доступа к объектам особую актуальность приобретают методы, позволяющие повысить надежность и эффективность работы гидрогенераторов.

Основные подходы к техническому обслуживанию и эксплуатации гидрогенераторов.

1. Диагностика:

- визуальный осмотр: позволяет обнаружить явные дефекты, такие как трещины, коррозия и механические повреждения;
- вибродиагностика: применяется для определения дисбаланса ротора, износа подшипников и других механических неисправностей;
- тепловизионный контроль: позволяет обнаружить перегрев узлов оборудования, вызванный плохими контактами или износом изоляции;
- анализ изоляции обмоток: проводится с помощью мегомметров и анализа частичных разрядов для предотвращения аварий.

2. Техническое обслуживание:

- плановое обслуживание: регулярная проверка и замена изношенных компонентов, таких как подшипники, щетки и изоляция;
- внеплановое обслуживание проводится в случае выявления неисправностей или аварийных ситуаций;
- смазка и очистка: регулярная смазка движущихся частей и очистка оборудования от загрязнений.

3. Управление и контроль:

- регулировка нагрузки: оптимизация работы гидрогенераторов в зависимости от уровня воды в водохранилище и спроса на электроэнергию;
- защита от перегрузок: использование современных коммутационных аппаратов и реле для предотвращения повреждения оборудования.

Повышение надежности и эффективности гидрогенераторов:

- регулярное техническое обслуживание. Плановое обслуживание помогает своевременно обнаруживать и устранять неисправности, что способствует повышению надежности работы гидрогенераторов.
- использование качественных материалов. Применение высококачественных материалов для изготовления компонентов гидрогенераторов, таких как подшипники и изоляция, способствует увеличению их срока службы.
- оптимизация рабочих режимов. Настройка нагрузки и оптимизация рабочих режимов гидрогенераторов способствуют снижению износа оборудования и увеличению его эффективности.
- обучение персонала. Повышение квалификации сотрудников, ответственных за эксплуатацию и обслуживание гидрогенераторов, помогает снизить количество ошибок и аварий.

Зарубежный опыт практического применения:

- на малых ГЭС в Скандинавии регулярное техническое обслуживание гидрогенераторов позволило снизить количество внеплановых остановок на 25%.
- в Канаде использование высококачественных материалов для изготовления подшипников и изоляции увеличило срок службы гидрогенераторов на 20%.
- в Германии оптимизация режимов работы гидрогенераторов позволила повысить их эффективность на 15%.

Перспективы развития в области малой гидроэнергетики:

- интеграция с единой энергосистемой. Малые ГЭС могут быть интегрированы в единую энергосистему, что повышает их роль в обеспечении энергетической безопасности;
- использование возобновляемых источников энергии. Малые ГЭС могут быть интегрированы с другими возобновляемыми источниками энергии, такими как солнечные и ветровые электростанции;
- снижение затрат на обслуживание. Разработка новых методов технического обслуживания и использование современных материалов позволят снизить затраты на эксплуатацию гидрогенераторов.

Техническое обслуживание и эксплуатация гидрогенераторов малых ГЭС являются важной задачей, которая требует использования современных методов диагностики, планового и внепланового обслуживания, а также управления их работой. Постоянное техническое обслуживание, применение высококачественных материалов и оптимизация рабочих режимов способствуют увеличению надежности и эффективности гидрогенераторов. Внедрение этих подходов способствует переходу к более устойчивой и надежной энергетической инфраструктуре.

Источники

1. Гидрогенераторы. Организация эксплуатации технического обслуживания. Нормы и требования. СТО 70238424.27140006-2010, ОРГРЭС, Москва, 2010.

СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ КАБЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В REVIT 2025

Пахомов С.А, Мифтахова Н. К.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г.Казань, Россия
pakhomov.sema@list.ru

В тезисе рассмотрены возможности программного обеспечения Revit 2025 с установленным плагином DKC_Cable_Trays_R19–25_3.0.02, а также возникающие трудности пользователя при моделировании.

Ключевые слова: Revit, DKC Cable Trays, кабельные конструкции, моделирование, проектирование.

Для начала моделирования кабельной конструкции в Revit необходимо загрузить соответствующий плагин DKC_Cable_Trays_R19–25_3.0.02, который включает в себя все необходимые инструменты и элементы для работы с электрическими сетями. «DKC Cable Trays» – это плагин для Autodesk Revit, представляющий собой инструмент автоматизированного процесса проектирования кабельных лотков, с использованием продукции компании DKC. Приложение «DKC Cable Trays» совместимо с версиями Revit 2019–2025. В Revit можно легко моделировать различные элементы кабельных конструкций, такие как электрические кабели, гофрированные трубы, кабель–каналы и т.д. Программа позволяет задавать различные параметры и характеристики для каждого элемента, такие как длина, диаметр, материал и т.д [1].

После создания модели кабельной конструкции в Revit можно провести различные расчеты и анализы, чтобы убедиться в ее правильном функционировании. Например, можно проверить гармоничность расположения кабелей, исследовать тепловые потери, а также выполнять другие необходимые инженерные расчеты.

Моделирование кабельных конструкций в программе Revit позволяет улучшить качество проектирования и оптимизировать процесс работы с электрическими сетями. Этот инструмент помогает инженерам и дизайнерам создавать точные и надежные модели, учитывая все технические и конструктивные аспекты [2].

Однако в процессе моделирования у неопытного пользователя могут возникнуть проблемы с вложенными алгоритмами автоматического построения модели кабельных конструкций, а именно неправильно

автоматически подобранные аксессуары, в частности фитинги. В изгибах кабельного лотка часто требуется заменить двойник на тройник, тройник на крестовину. Для изменения фитинга необходимо нажать на «+» рядом с деталью. Добавится один вывод фитинга. Для обратного преобразования соединительного элемента следует нажать на него и кликнуть на значок «↔» [3].

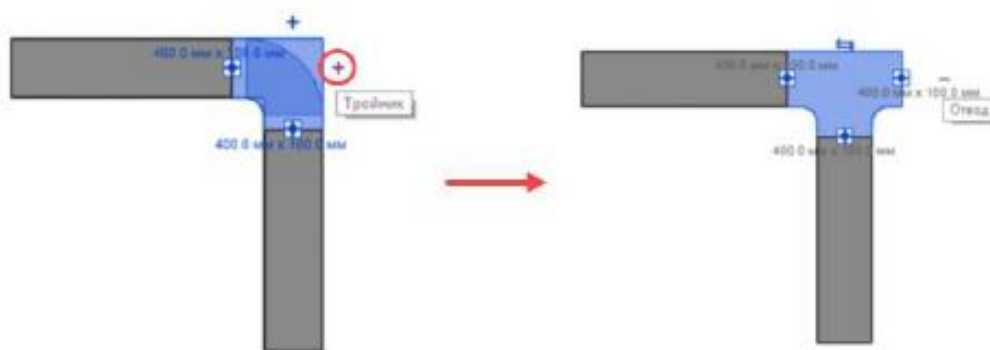


Рис.1. Изменение типа «отвода/тройник»

Отдельного внимания требует соединение перпендикулярных друг другу лотков. С помощью инструмента разделить вырезается элемент лотка. В окне аксессуара необходимо выбрать один из подходящих тройников и вставить его на один из концов вертикально расположенных лотков. С помощью инструмента «Выровнять» выравнивается плоскость присоединения горизонтально расположенного лотка к плоскости тройника.

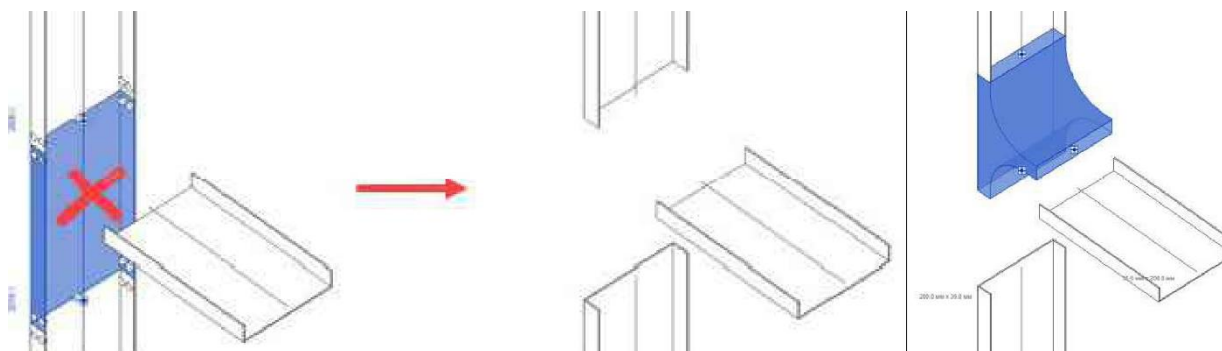


Рис.2. Соединение перпендикулярных друг другу лотков

Для полного освоения программного обеспечения перед работой рекомендуется ознакомиться с инструкцией или видеоинструкцией пользования плагина от разработчиков. Базовым ресурсом для освоения Revit является источник <https://bim.vc/edu/courses/> [4].

В заключение, применение Revit 2025 при создании моделей кабельных конструкций обеспечивает надежное решение для современных задач проектирования, что, безусловно, повлияет на общий успех проектов и улучшение качества конечного продукта. Инструменты, доступные в данной версии, способствуют более эффективному управлению информацией и ресурсами, что важно в условиях растущей конкуренции и требовательности рынка [5].

Источники

1. Колпашников Д. Н., Буданов Ю. А. Лоток металлический кабельный для электромонтажных работ. – 2015.
2. Артёмова С. Ю., Попова К. С. Информационное моделирование зданий, разработка семейств и плагинов для Revit //Современное состояние, проблемы и перспективы развития отраслевой науки. – 2019. – С. 439–443.
3. ВандезандД., КригелЭ., РидФ. Autodesk Revit Architecture 2012. Официальный учебный курс. – Litres, 2022.
4. Епишкин А. Е., Курмелев Д. А., Иванов А. Д. Моделирование кабеленесущих систем в Revit //BIM–моделирование в задачах строительства и архитектуры. – 2023. – С. 149–156.
5. Припутин Н. А., Леонова А. Н. Применение BIM–технологии в строительстве //Молодежь и новые информационные технологии. – 2016. – С. 301–304.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В МАГИСТРАЛЬНЫХ СЕТЯХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Петров А.Р., Грачева Е.И.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
petroval13@mail.ru

В предлагаемой работе представлено исследование основных факторов, определяющих величину эквивалентного сопротивления схемы магистрального участка цеховой сети. Целью работы является определение эквивалентного сопротивления цеховой сети с учетом влияния основных параметров электрооборудования, таких как: загрузка линий, температура окружающей среды, температура нагрева проводников и сопротивлений коммутационных аппаратов.

Ключевые слова: контактные соединения аппаратов, потери электроэнергии, нагрев проводников, загрузка линий.

Точное определение величины потерь электроэнергии (ЭЭ) при проектировании важно для оптимизации структуры схемы сети, выбора мест и количества распределительных устройств, а также определения сечений кабелей и проводов [1]. Статистические данные показывают, что потери ЭЭ в низковольтных распределительных сетях составляют примерно от 4 до 20% от общего электропотребления [2]. Для повышения достоверности величины потерь ЭЭ в сетях 0,4 кВ необходимо определять потери в низковольтных коммутационных аппаратах (НКА). Для уменьшения финансовых расходов на эксплуатацию электрооборудования необходимо построение рациональных схем цеховых сетей низкого напряжения [3].

Сопротивление НКА зависит от типа аппарата и от протекающего тока по контактным соединениям аппарата. Для автоматических выключателей и контакторов $I < 60$ А сопротивление контактных соединений определяется соотношением $R = \frac{350}{I}$, при $I \geq 60$ А $R = \frac{310}{I}$. Для магнитных пускателей при $I < 70$ А сопротивление контактов определяется $R = \frac{825}{I}$, а при $I \geq 70$ А – $R = \frac{760}{I}$.

На рисунке показана схема участка цеховой сети для определения эквивалентного сопротивления магистрального участка сети:

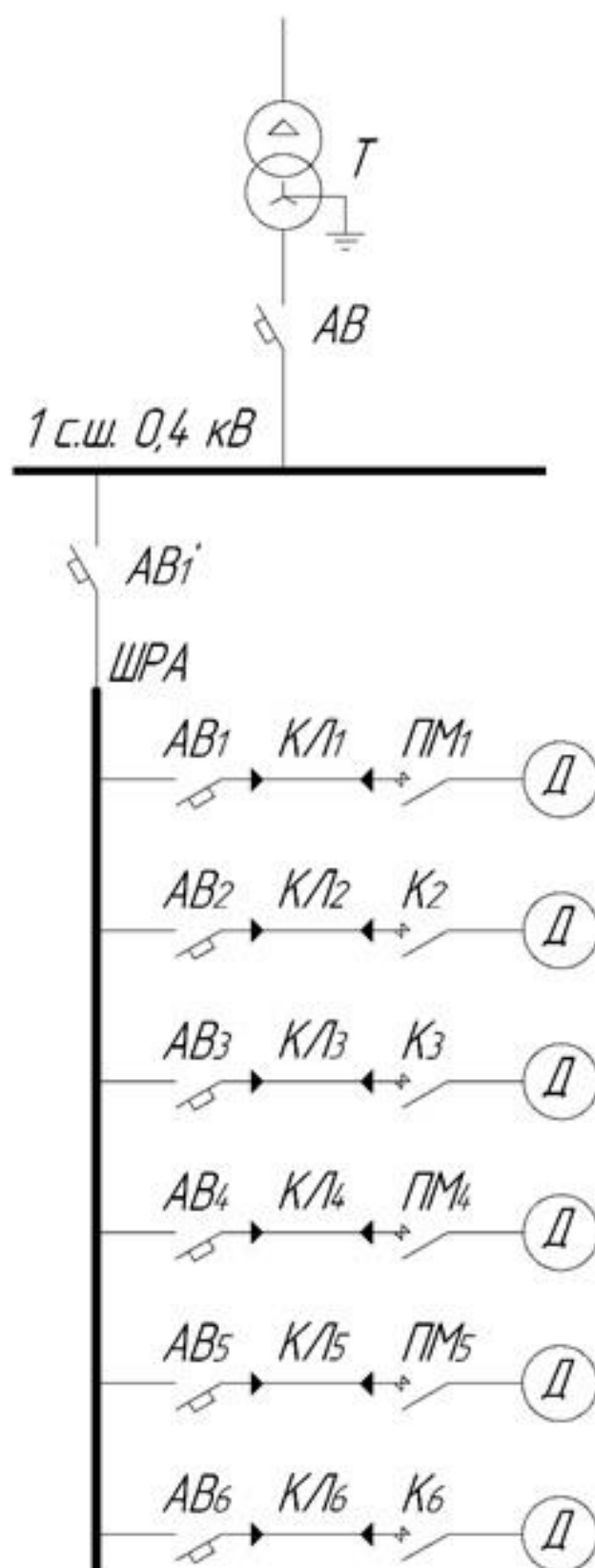


Схема электроснабжения участка цеховой сети

В таблице 1 приведены значения основных параметров электрооборудования участка цеховой сети.

Таблица 1

Основные параметры электрооборудования участка цеховой сети

№ линии	Тип КЛ	l, м	K _z	Электро-двигатель	P _н , кВт	Тип АВ	Тип ПМ	Тип К
1'						ВА57–31		
1	АВВГ 3х10	20	0,75	АИР160М2	18,5	ВА57–31	ПМЛ–3100	
2	АВВГ 3х6	18	0,45	АИР132М2	11	ВА57–31		КМ–22510
3	АВВГ 3х4	12	0,55	АИР112М2	7,5	ВА57–31		ПМ12–016150
4	АВВГ 3х2,5	10	0,7	АИР100S2	4	А63–М	ПМЛ–1100	
5	АВВГ 3х2,5	10	0,75	АИР100S2	4	А63–М	ПМЛ–1100	
6	АВВГ 3х4	12	0,6	АИР112М2	7,5	ВА57–31		ПМ12–016150

Эквивалентное сопротивление определяется выражением

$$R = \left[r_{20} \cdot l \cdot \frac{1}{6} \cdot \left(1 + \frac{1}{n} \right) \cdot \left(2 + \frac{1}{n} \right) + \frac{R_n}{n} \right] \cdot [1 + \alpha(t - t_{os})] + \frac{R_{nka}}{n} \quad (1)$$

Результаты расчетов представлены в таблице 2, где показаны возможные погрешности определения эквивалентного сопротивления без учета таких факторов, как, сопротивления НКА, нагрев ШРА и кабельных линий, температуры окружающей среды и коэффициента загрузки проводников.

Таблица 2

Возможные погрешности при определении эквивалентного сопротивления

Параметры схемы	Эквивалентное сопротивление, мОм	Погрешность, %
С учетом всех параметров	154,69	—
Неучёт сопротивлений аппаратов	16,34	89,4
Неучёт температуры нагрева КЛ	136,39	11,8
Неучёт температуры окружающей среды	162,16	4,83
Неучёт коэффициента загрузки линий	143,44	7,27

Данные результатов вычислений в таблице 2 показывают, что наибольшая погрешность, равная 89,4 %, при определении эквивалентного сопротивления зависит от учета сопротивлений НКА, установленных на линии. Наименьшая погрешность для данного участка схемы составила 4,83 % и определяется фактором учета температуры окружающей среды.

Источники

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

2. Петров А. Р. [и др.]. Исследование технических параметров магнитных пускателей и рубильников, устанавливаемых в цеховых сетях // Вестник МГТУ. 2023. Т. 26, № 4. С. 384–394.

3. Абдуллазянов Э. Ю., Грачева Е. И., Горлов А. Н., Шакурова З. М. [и др.]. Влияние низковольтных электрических аппаратов и параметров электрооборудования на потери электроэнергии в цеховых сетях // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2021. Т. 23. № 3. С. 3–13.

АКТИВНО–АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМ ИСТОЧНИКОМ ПИТАНИЯ НА ОСНОВЕ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ СИСТЕМ

Петрова А.Р.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

zagrudnaya@bk.ru

Науч. рук. проф. Сафин А.Р.

Системы автономного энергоснабжения становятся неотъемлемой частью энергетической инфраструктуры, особенно в удаленных районах или на объектах, где доступ к центральной энергосети ограничен. С ростом использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ), таких как солнечная и ветряная энергия, возникает необходимость разработки более гибких и интеллектуальных систем управления автономными источниками питания. Одним из перспективных подходов к решению этих задач является применение мультиагентных систем (МАС) в управлении энергетическими сетями.

Ключевые слова: активно–адаптивная система, автономный источник питания

Основная цель разработки активно–адаптивной системы управления заключается в создании автономного источника питания, который может эффективно интегрировать возобновляемые источники энергии и динамически адаптироваться к изменяющимся условиям работы. Это позволит повысить надежность и экономичность автономных систем энергоснабжения, а также сократить выбросы углекислого газа за счет использования ВИЭ [1].

Мультиагентные системы основываются на взаимодействии множества агентов, каждый из которых выполняет свою специфическую задачу. В контексте автономных источников питания агенты могут представлять различные элементы системы, такие как:

1. Агент генерации энергии: отвечает за управление генерацией энергии от различных источников, включая ВИЭ и традиционные генераторы.
2. Агент накопления энергии: управляет процессом зарядки и разрядки накопителей энергии (например, аккумуляторов).
3. Агент распределения нагрузки: контролирует распределение электрической нагрузки между различными потребителями с учетом приоритетов и текущей выработки энергии.

4. Агент мониторинга и диагностики: отслеживает состояние системы, включая уровень заряда батарей, состояние генераторов и наличие неисправностей.

5. Агент внешнего взаимодействия: отвечает за взаимодействие с внешними системами, такими как энергосеть или удаленные источники управления.

Каждый агент обладает определенной степенью автономии и может принимать решения на основе текущих данных, поступающих от сенсоров и других агентов. Например, агент генерации энергии может изменить режим работы генератора, если агент накопления сообщает о полном заряде батарей, а агент распределения нагрузки может перенаправить энергию на другие приоритетные потребители.

Интеграция ВИЭ, таких как солнечные панели и ветровые турбины, является ключевой задачей при разработке автономных систем. Возобновляемые источники обладают переменным характером выработки, зависящим от погодных условий и времени суток. Для успешной интеграции таких источников необходимо разработать механизмы балансировки нагрузки и эффективного управления накопителями энергии [2].

Мультиагентная система позволяет динамически распределять потоки энергии между потребителями и накопителями, учитывая текущую доступность ВИЭ. Например, в солнечный день система может направлять избыток энергии на зарядку аккумуляторов, а в ночное время использовать накопленную энергию для покрытия нагрузки.

Агенты также могут использовать прогнозы погоды и данные о предстоящей выработке ВИЭ для оптимизации режимов работы. Если ожидается снижение выработки солнечной энергии, система может заранее подготовиться к этому, сократив потребление на менее критичных объектах или увеличив использование традиционных генераторов [3].

Одной из ключевых особенностей мультиагентных систем является их способность к адаптивному управлению и самообучению. Каждый агент может накапливать опыт работы и использовать его для улучшения своей работы в будущем. Например, агент накопления энергии может на основе исторических данных предсказывать, когда лучше всего заряжать аккумуляторы для минимизации потерь энергии.

Мультиагентная система также может применять алгоритмы машинного обучения для повышения эффективности управления [4]. Например, используя методы глубокого обучения, система может прогнозировать изменения в потреблении энергии и заранее оптимизировать работу системы для уменьшения пиковых нагрузок.

Использование мультиагентных систем для управления автономными источниками питания имеет несколько важных преимуществ:

1. Гибкость. МАС способны адаптироваться к изменяющимся условиям, включая колебания выработки ВИЭ и изменения в нагрузке.

2. Масштабируемость. Систему можно легко расширять, добавляя новых агентов для управления дополнительными элементами системы, такими как новые генераторы или накопители энергии.

3. Надежность. В случае выхода из строя одного из агентов система может продолжать работу, перераспределяя задачи между другими агентами.

4. Энергоэффективность. Благодаря динамическому управлению нагрузками и оптимизации использования ресурсов, система минимизирует потери энергии и снижает затраты.

Мультиагентные системы представляют собой перспективный подход к управлению автономными источниками питания с интеграцией возобновляемых источников энергии. Их способность адаптироваться к изменяющимся условиям и принимать решения на основе локальной информации делает их идеальным решением для создания надежных и энергоэффективных систем энергоснабжения.

Источники

1. Adaptive control system of the pumping unit / A. N. Tsvetkov, A. R. Safin, I. V. Ivshin [et al.] // International Journal of Engineering and Advanced Technology. – 2019. – Vol. 8, No. 5 Special Issue 3. – P. 289–291. – DOI 10.35940/ijeat.E1064.0785S319.

2. Petrov, T. Theoretical aspects of optimization synchronous machine rotors / T. Petrov, A. Safin // E3s Web of Conferences, Prague, Czech Republic, 14–15 мая 2020 года. Vol. 178. – Prague, Czech Republic: EDP Sciences, 2020. – P. 01049. – DOI 10.1051/e3sconf/202017801049.

3. Thermal Model of a Linear Electric Machine / A. Safin, A. Kopylov, R. Gibadullin [et al.] // Proceedings – 2019 1st International Conference on Control Systems, Mathematical Modelling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA 2019, Lipetsk, 20–22 ноября 2019 года. – Lipetsk: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2019. – P. 426–428. – DOI 10.1109/SUMMA48161.2019.8947532. – EDN OXWMKR.

4. Петров, А. Р. Комплексный подход к исследованию функциональных параметров низковольтных коммутационных аппаратов / А. Р. Петров, Е. И. Грачева // Электрические станции. – 2023. – № 11(1108). – С. 29–36. – DOI 10.34831/EP.2023.1108.11.004.

АЛГОРИТМ РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПРИСОЕДИНЕНИЙ

Петрова Р.М., Грачева Е.И.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
1998renata@mail.ru

В статье рассматривается методика определения вероятности безотказной работы системы электроснабжения с помощью коэффициентов присоединений. Данная методика заключается в оценке технического состояния и прогнозировании показателей надежности системы электроснабжения. Показаны графические зависимости вероятности времени безотказной работы системы в зависимости от числа присоединений. Предлагаемая методика может быть рекомендована для оценки технического состояния и прогнозирования параметров надежности систем внутризаводского электроснабжения.

Ключевые слова: система электроснабжения, вероятность времени безотказной работы, расчет надежности, коэффициент присоединения.

В настоящее время при эксплуатации низковольтного электротехнического оборудования [1] существует возможность повышения точности прогнозных оценок технического состояния и разработка необходимых мероприятий для обеспечения эффективного функционирования систем внутризаводского электроснабжения в целом [2, 3].

Научной значимостью представленной статьи является усовершенствование методов определения вероятности безотказной работы системы электроснабжения с помощью коэффициентов присоединений.

Предложенный метод содержит практическую значимость, состоящую в упрощении прогнозирования параметров надежности и оценки технического состояния наиболее ответственных узлов системы электроснабжения [2, 3].

На рисунке 1 показана рассматриваемая ветвь системы электроснабжения, для которой показан алгоритм расчета надежности.

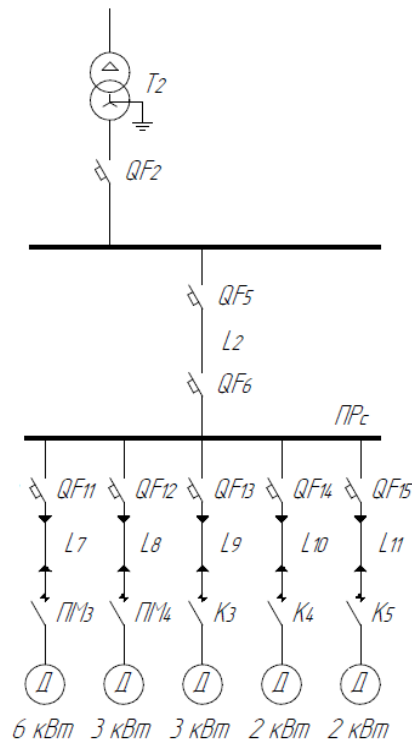


Рис. 1. Расчетная схема распределительного пункта ПРс системы электроснабжения

Оценим вероятность оперативных включений–отключений схемы (для рис. 1), когда в случае отказа электрооборудования в присоединении (рис. 2) производится отключение всего распределительного пункта силового (ПРс) на время восстановительного ремонта электротехническим персоналом.

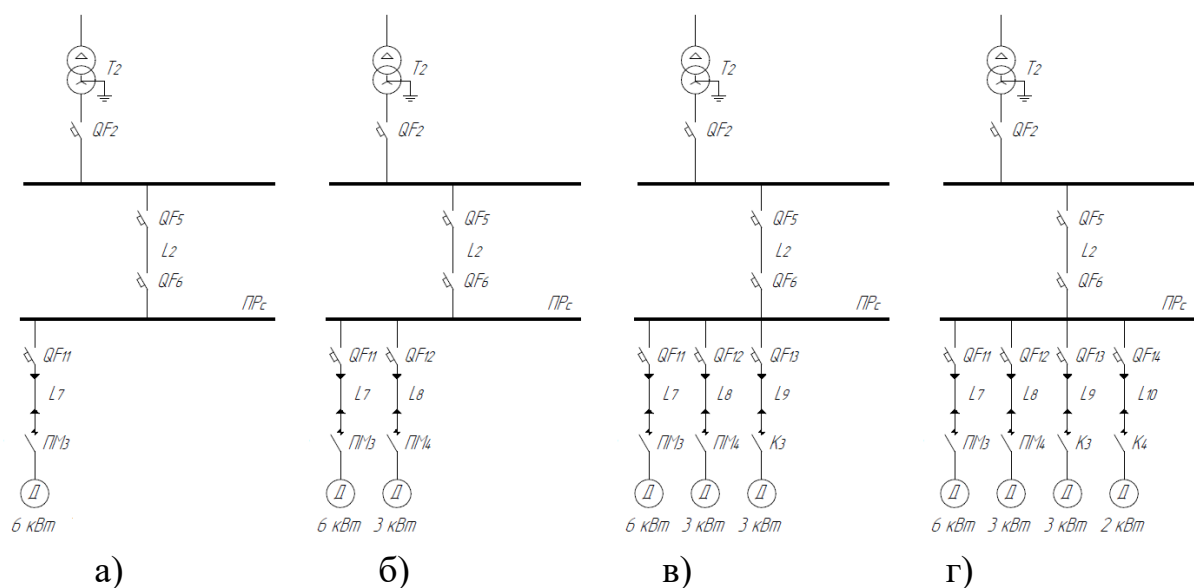


Рис. 2. Расчетная схема распределительного пункта ПРс с а) одним, б) двумя, в) тремя, г) четырьмя присоединениями

На рис. 2а) представлена схема с одним подключенным присоединением. Для первого года эксплуатации вероятность времени безотказной работы $P(t)$:

$$P_{\text{ПРс}}(t=1\text{год}) = P_{T_2} \cdot P_{QF_2} \cdot P_{QF_5} \cdot P_{L_2} \cdot P_{QF_6} \cdot P_{\text{ПРс}} \cdot P_{QF_{11}} \cdot P_{L_7} \cdot P_{\text{ПМ}_3} = \\ = P_T \cdot P_{QF}^4 \cdot P_L^2 \cdot P_{\text{ПРс}} \cdot P_{\text{ПМ}}$$

Аналогично рассчитываются вероятности безотказной работы $P_{\text{ПРс}}(t=2\dots 7\text{ годам})$.

Далее рассчитаем $P_{\text{ПРс}}(t)$ 1 и 2 (рис. 2б); 1, 2 и 3 (рис. 2в); 1, 2, 3 и 4 (рис. 2г) и 1–5 присоединений (рис. 1). Результаты расчетов показаны на рис. 3.

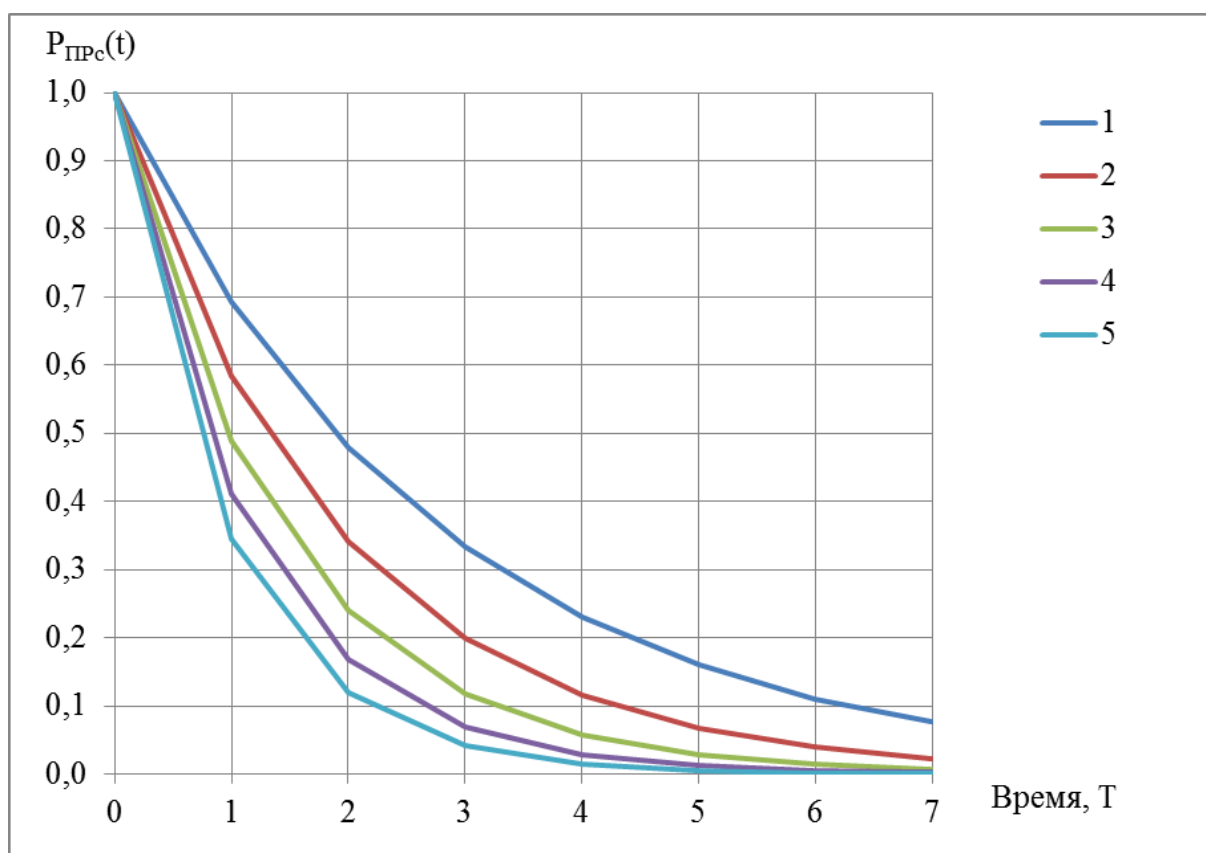


Рис. 3. Графики изменения вероятности времени безотказной работы $R_{\text{ПРс}}(t)$ в зависимости от числа присоединений

На рис. 3 приведены графики изменения вероятности времени безотказной работы $R_{\text{ПРс}}(t)$ во времени от количества присоединений. Графики показывают, что $R_{\text{ПРс}}(t)$ резко снижается после 1 года эксплуатации схемы, поэтому требуется проведение регулярного технического обслуживания и возможный своевременный вывод электрооборудования в ремонт.

Источники

1. Садыков Р.Р. Оценка надежности низковольтных цеховых сетей промышленного электроснабжения // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2017. №5–6.
2. Петрова Р.М, Абдуллазянов Э.Ю., Грачева Е.И., Valtchev S., Yousef Ibragim. Исследование вероятностных характеристик надежности электрооборудования внутрицеховых систем электроснабжения // Вестник Казанского государственного энергетического университета. 2023. Т. 15. No1 (57). С. 93–105.
3. Петрова Р. М. Оценка параметров надежности на примере кабельных линий 0,4 кВ систем электроснабжения / Р. М. Петрова, Е. И. Грачева, Н. К. Мифтахова // Вестник ПИТТУ имени академика М.С. Осими. – 2023. – № 4(29). – С. 28–35.

ПРЕИМУЩЕСТВА MEGGER IDAX 300 ПРИ ИСПЫТАНИЯХ ИЗОЛЯЦИИ НА ПОДСТАНЦИЯХ

Печенкин Я.О., Сабитов А.Х.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
yyarichev@mail.ru

В статье рассматривается прибор MEGGER IDAX 300 и его достоинства при измерении параметров изоляции на энергоустановках. Также представлены перспективы дальнейшего развития прибора с внедрением автоматизации.

Ключевые слова: MEGGER IDAX 300, диагностика изоляции, автоматизация, надежность, диэлектрические частотные отклики.

Надежность электроэнергетических сетей во многом зависит от состояния силового оборудования, такого как трансформаторы, кабели и распределительные устройства. Одним из их ключевых элементов является изоляция. С течением времени изоляционные материалы подвергаются воздействию тепловых, электрических и механических нагрузок, что приводит к ухудшению их диэлектрических свойств. Влажность, повышенные температуры и загрязнение значительно ускоряют этот процесс. В условиях высоких нагрузок на энергосистему даже незначительные дефекты изоляции могут быстро развиться и привести к серьезным авариям и сбоям в электроснабжении. В связи с этим проведение регулярных проверок состояния изоляции является ключевым фактором в предотвращении выхода из строя электроустановок.

MEGGER IDAX 300 представляет собой прибор диагностики состояния изоляции оборудования с помощью метода диэлектрических частотных откликов в диапазоне напряжений от 0,2 до 30 кВ. Он используется для получения точных и верных результатов даже при испытаниях с высокими помехами.

Испытания с MEGGER IDAX 300 включают в себя несколько ключевых этапов:

1. Перед началом тестирования оборудование должно быть отключено и заземлено для обеспечения безопасности.
2. Прибор проводит серию измерений в различных частотных диапазонах, анализируя тангенс угла диэлектрических потерь, сопротивление и т.д.

3. Анализ данных. Результаты измерений автоматически анализируются, что позволяет мгновенно увидеть отклонения от нормы.

Основные преимущества его применения в профилактических испытаниях на подстанциях (ПС):

1. Прибор позволяет получить данные на 40% быстрее по сравнению с линейкой предыдущих моделей [1]. Что в свою очередь снижает время отключения оборудования. Это особенно важно для крупных подстанций, где простой оборудования может привести к большим экономическим потерям.

2. Благодаря наличию устройства калибровки обеспечивается высокая точность измерений.

3. Простота использования прибора позволяет минимизировать вероятность возникновения человеческого фактора при измерениях, особенно это актуально при проверке трансформаторного масла [2, 3].

4. Широкий диапазон частот. Анализ в нескольких частотных диапазонах дает более полную картину состояния изоляции, что позволяет лучше оценить состояние оборудования в реальных условиях эксплуатации.

Однако главным преимуществом данного прибора является его программное обеспечение. ПО позволяет создавать шаблоны измерений на проверяемое оборудование, что сокращает время подготовки к тестированию в будущем. Также имеется функция записи данных даже при отключенном от измерительного прибора компьютере. Результат будет автоматически сохранен в внутренней памяти прибора и загружен при повторном подключении ноутбука и запуску программы [4].

Рассмотрим перспективу развития данного устройства. Сейчас есть множество сервисов, которые позволяют внедрить функцию формирования отчетов и отправку результатов диагностики напрямую в предприятие без участия человека, что в свою очередь снижает объем бумажной работы бригады выполняющей измерения и облегчает анализ результатов ввиду их стандартизированнойности [5, 6].

Из всего вышеперечисленного можно сделать вывод что использование MEGGER IDAX 300, позволяют значительно ускорить и в перспективе автоматизировать процессы испытаний изоляции на ПС. Внедрение таких технологий в процессы обслуживания энергетических объектов способствует повышению надежности электроэнергетических сетей и снижению эксплуатационных затрат.

Источники

1. Анализатор состояния изоляции [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.sebaeng.ru/files/pdf/IDAX300-350_DS_RU.pdf (дата обращения: 10.10.2024)
2. Куров, А. О проведении испытаний по определению влагосодержания в твердой изоляции трансформаторного оборудования. Филиал ПАО "ФСК ЕЭС" – МЭС Северо-Запада / А. Куров, А. Сладков, В. Соломин // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2016. – № S3(3). – С. 54–57.
3. Повышение энергоэффективности силовых трансформаторов путем исследования влияния адсорбционной очистки на тангенс угла диэлектрических потерь / Л. А. Глоткина, О. В. Воркунов, М. Ш. Гарифуллин, Ю. Н. Слободина // Энерго- и ресурсосбережение – XXI век : Материалы XXI международной научно-практической конференции, Орёл, 15–16 ноября 2023 года. – Орёл: Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, 2023. – С. 47–52.
4. Insulation diagnostic analyzers. User guide [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.manualslib.com/manual/2953511/Megger-Idax-300.html#manual> (дата обращения: 10.10.2024)
5. Сравнительная характеристика современных электроизоляционных конструкций / К. Д. Разживина, К. Д. Разживина, Д. В. Мачан, О. В. Воркунов // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике: Материалы XVII Всероссийской открытой молодежной научно-практической конференции. – Казань: ООО "Издательство Фолиант", 2022. – С. 306–309.
6. Альфа ЭТЛ – формирование технических отчетов по электроизмерениям [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.sapralfa.ru/index.php?fuseaction=alfa_etl (дата обращения: 10.10.2024)

КЛЮЧЕВЫЕ АСПЕКТЫ СОВРЕМЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

Поздняков К. А., Абдуллин Л. И., Мифтахова Н. К.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

pozdneyakov11.04@mail.ru,

В тезисе рассматриваются ключевые аспекты современных промышленных источников питания, подчеркивая их важную роль в обеспечении бесперебойной работы промышленного оборудования и повышении эффективности производственных процессов. Анализируются пять ключевых характеристик современных решений в области промышленных источников питания.

Ключевые слова: функции, источники питания, аспекты, эффективность, безопасность.

Промышленные источники питания, возможно, не привлекают такого внимания, как аналитическое программное обеспечение на основе искусственного интеллекта, но они не менее важны [1, 2]. Фактически, можно утверждать, что они даже более важны для промышленного производства, поскольку они обеспечивают питание, необходимое для работы промышленного оборудования.

Учитывая их важность для промышленности, ниже приведены пять ключевых аспектов современных промышленных источников питания:

1) Агрегация данных и мониторинг — промышленные источники питания нечасто получают внимание от промышленных программных приложений, интенсивно использующих данные. Однако промышленные источники питания идут в ногу со временем [3]. Все больше промышленных источников питания теперь оснащены возможностями мониторинга и связи, что позволяет им собирать и передавать данные об использовании энергии, колебаниях напряжения и производительности оборудования. В результате источники питания все чаще становятся частью арсенала данных производителей для нужд предиктивного обслуживания и принятия более обоснованных решений относительно повышения производительности и устойчивости.

2) Надежное питание — это уже давно основная функция промышленных источников питания, поскольку даже кратковременные отключения электроэнергии или колебания напряжения могут привести к

простоям производства, дорогостоящему ремонту и повышению уровня дефектов продукции. Вот почему промышленные источники питания используются для обеспечения постоянного и стабильного источника электроэнергии [4]. Эти источники питания регулируют уровни напряжения, отфильтровывают электрические помехи и защищают оборудование от скачков напряжения.

3) Эффективность — эффективное использование энергии — это не просто краеугольный камень инициатив промышленной устойчивости; это также ключ к прибыльности любого успешного производственного процесса. Вот почему, помимо надежной поставки энергии, промышленные источники питания также имеют решающее значение для эффективного преобразования электроэнергии из сети в пригодную для использования промышленную энергию с минимальными отходами. Эта возможность снижает затраты производителей на электроэнергию и уменьшает воздействие их деятельности на окружающую среду.

4) Настраиваемость — поскольку производители используют на своих заводах множество различных машин, требования к питанию для этих машин могут различаться. Вот почему некоторые промышленные блоки питания настраиваются, что позволяет адаптировать их к конкретным потребностям различного оборудования. Эта возможность также позволяет производителям легко настраивать свои блоки питания по мере необходимости при добавлении нового оборудования.

5) Безопасность — большинство современных промышленных источников питания используют функции безопасности, которые снижают риски, связанные с электрическими опасностями [5]. Эти функции включают: защиту от сверхтока, защиту от перенапряжения и защиту от короткого замыкания.

В заключении еще раз отметим, что промышленные источники питания играют ключевую роль в современном промышленном производстве, обеспечивая надежное и эффективное питание для оборудования. Современные решения в этой области характеризуются агрегацией данных и мониторингом, повышенной надежностью, эффективностью, настраиваемостью и усиленными функциями безопасности. Промышленные источники питания являются неотъемлемой частью современных производственных процессов, способствуя повышению производительности, устойчивости и безопасности предприятий.

Источники

1. Горячко М. Д. Промышленные функции городских округов Московской области на современном этапе //Геоурбанистика и градостроительство: теоретические и прикладные исследования. – 2021. – С. 270–292.
2. Раскотова К. Н. Повышение энергоэффективности промышленных предприятий //Региональные аспекты развития профессионального образования: теория, методология, актуальные проблемы. – 2021. – С. 247–252.
3. Литвинов М. А., Паньков Д. Н., Бугорский И. А. Программируемый логический контроллер (ПЛК) как основа автоматизации технологических процессов //Поколение будущего: Взгляд молодых ученых–2022. – 2022. – С. 92–96.
4. Капанский А. А. Современные стратегии использования искусственного интеллекта для предотвращения аварий в технических системах ресурсоснабжения //Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2024. – Т. 16. – №. 1 (61). – С. 38–51.
5. Абдуллазянов Э. Ю., Грачева Е.И. и др. Анализ основных показателей промышленного производства объектов средней мощности //Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2023. – Т. 15. – №. 2. – С. 93–108.

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КОНТРОЛЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Садриев Р.Р., Шакурова З.М.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
rashitsadriev44@gmail.com

В тезисе предложена идея применения автоматизированной системы, разработанной для повышения эффективности управления энергетическими системами, основанной на ограничителе потребления мощности.

Ключевые слова: система управления электропотреблением, автоматическая система мониторинга, энергоэффективность, схема устройства.

Система автоматизированного контроля потребления электроэнергии сегодня может быть применена для того чтобы упростить контроль и управление расходом электроэнергии в быту и на производственной площадке. Использование этой системы будет выгодно и удобно как для поставщиков, так и для потребителей.

Принцип действия автоматизированной системы для контроля системы электроснабжения основан на том, что преобразователь напряжения, находящийся в измерительном блоке устройства, с высокой скоростью обрабатывает значения тока и напряжения в сети в режиме реального времени непрерывно. Микроконтроллер в блоке логики получает значения от измерительного блока, умножает эти значения и сравнивает их с установленным пользователем максимальным уровнем мощности [1]. При достижении или превышении этого установленного значения через оптическую развязку передается сигнал с командой на исполнительный механизм, который срабатывает для отключения питания. Коммутационный аппарат в виде контактора или магнитного пускателя размыкает силовые контакты, разъединяя электрическую цепь здания (см. рисунок) [2].



Схема системы контроля электроснабжения.

Внедрение автоматизированной системы для мониторинга параметров электроснабжения и их управления обеспечивает следующие преимущества:

1. Оперативный анализ потребления электроэнергии в реальном времени как для отдельных зон, так и для всей системы в целом.
2. Постоянный контроль качества электроэнергии в режиме реального времени, что позволяет выявлять и устранять отклонения на ранних стадиях.
3. Проведение детального анализа наличия гармонических и реактивных составляющих в электросети на различных участках объекта, что помогает определить зоны с повышенными отклонениями и потребностью в дополнительном оборудовании для улучшения качества электроснабжения [3].
4. Эффективное управление электропотреблением объекта в пределах установленных лимитов на электроснабжение, способствуя оптимизации затрат.
5. Предотвращение аварийных ситуаций в энергосистеме за счет своевременного уведомления оператора о достижении критических значений параметров электроснабжения.
6. Снижение издержек и повышение общей эффективности и надежности системы, что способствует устойчивости и безопасности энергоснабжения объекта.

Таким образом, при дополнении системы автоматизированного контроля потребления электроэнергии, представляющего собой устройство

ограничения мощности, сетевым блоком можно будет применять для электроснабжения промышленных объектов.

Источники

1.Современные способы ограничения потребления электрической мощности [Электронный ресурс] Режим доступа: URL: <https://as-system.ru/stati/sovremennye-sposoby-ogranicheniya-potrebleniya-elektricheskoy-moshchnosti> (Дата обращения 25.10.2024)

2.Тебиева С. А. Разработка интеллектуальной системы контроля и потребления электроэнергии / С. А. Тебиева, А. О. Лигостаев. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2021. — № 4 (346). — С. 46–48. [Электронный ресурс] Режим доступа: URL: <https://moluch.ru/archive/346/78009/> (дата обращения: 25.10.2024).

3.Устинов А.П. Современные информационные технологии в управлении системами электроснабжения [Электронный ресурс] Режим доступа: URL: <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=870917> (Дата обращения: 25.10.2024)

ПЕРСПЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ БЕСПРОВОДНОЙ ЗАРЯДКИ В ГОРОДСКИХ УСЛОВИЯХ

Сафонов А.Ш., Шакурова З.М.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
sashauchastkin@gmail.com

В тезисе рассмотрена эффективность внедрения систем беспроводной зарядки транспорта в условиях российских городов. Показана активность патентования в РФ зарядок для электромобилей в промежутке 2000–2020 гг. Описаны физические ограничения беспроводных систем зарядки.

Ключевые слова: электромобили, беспроводная зарядка электротранспорта, индуктивно–резонансная зарядка, емкостная зарядка, преобразователи частоты.

Для оптимального принятия решений при массовом переходе на электромобили следует рассмотреть вопросы инфраструктуры зарядных станций. Создание дополнительных сетей зарядных станций позволяет повышать удобство для водителей электротранспорта и увеличивать общее проходимой машиной расстояние [1].

Согласно стратегии развития автомобильной промышленности Российской Федерации до 2025 года глобальным трендом развития является формирование парка электромобилей в нашей стране. Поэтому одним из элементов выполнения этой стратегии будет разработка городской и дорожной инфраструктуры для зарядки электротранспорта.

К особенностям России в области использования электротранспорта относятся длительный период низких температур окружающей среды, большой средний дневной километраж, высокая доля зарядок, находящихся в частных домах. Современным решением этих проблем будет создание мобильных зарядных станций, как части транспортной и энергетической инфраструктуры [2].

За период 2013–2022 года количество зарегистрированных патентов в РФ в области зарядной инфраструктуры составляло 120 штук, а за период 2000–2010 – около 30 [3]. Поэтому можно говорить о том, что количество патентов в этой области будет значительно увеличиваться в ближайшие годы (рис. 1).



Рис. 1. Распределение активности патентования зарядных станций по годам

Беспроводная зарядка электромобилей делится на индуктивную и емкостную. Согласно исследованиям, КПД индуктивной зарядки (рис. 2) в разы больше емкостной [4]. Однако, эффективность системы будет уменьшаться с увеличением несоосности катушек передачи энергии и расстояния между ними. Эти проблемы решают резонансные индуктивные системы зарядки, которые передают одинаковую энергию вне зависимости от угла соосности катушек.

Такие системы могут применяться как для промышленных систем, так и для электронных устройств [5].

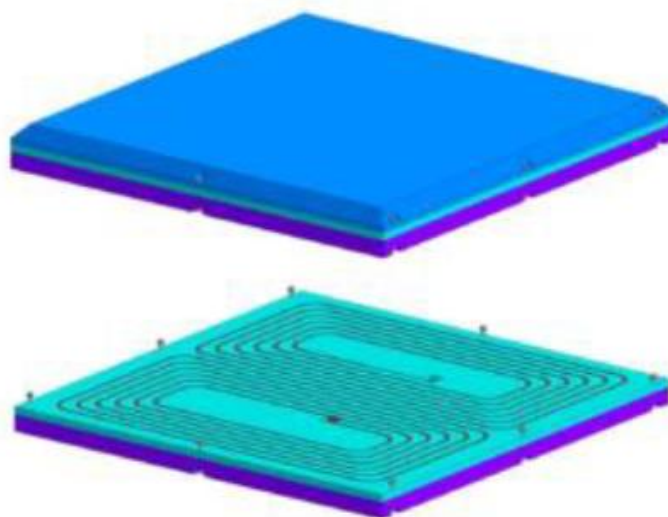


Рис. 2. Прототип системы индукционной зарядки

Системы индуктивной зарядки работают на частотах около 100 кГц, поэтому в дополнении к катушкам требуется устанавливать соответствующие преобразователи частоты.

Системы резонансной индуктивной зарядки разрабатывают такие организации как Fraunhofer, WiTricity, Kaist, Яблочков, и университеты Тохоку, ИТМО, КГЭУ и т.д.

Системы беспроводной зарядки являются актуальным решением для развития зарядной инфраструктуры в условиях низких температур. Величина саморазряда аккумуляторных батарей в холодное время года резко увеличивается. Поэтому вопросы развития беспроводной зарядной инфраструктуры особенно важны для таких северных стран, как Россия, Канада, Норвегия и Финляндия.

Источники

1. Юсупова, И. В. Актуальная повестка развития зарядной инфраструктуры для транспортных средств с электродвигателями в России / И. В. Юсупова, А. Г. Арзамасова, Д. К. Селезнев // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2022. – № 3(66). – С. 123-136. – EDN DBOIUG.

2. Safin, Alfred & Gracheva, Elena & Petrov, Timur & Campagna, Nicola & Miceli, Rosario & Valtchev, Stanimir. (2023). Mobile Charging Units for Electric Vehicles and their Infrastructure Strategy. 10.1109/eGrid58358.2023.10380940.

3. Сафин А.Р., Басенко В.Р., Низамиев М.Ф., Цветков А.Н., Петров Т.И. Анализ технического уровня разработок в области мобильных зарядных установок для электротранспорта. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2023;25(3):55–64. <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2023-25-3-55-64>

4. Z. Younes, I. Alhamrouni, S. Mekhilef, M. Reyasudin, A memory-based gravitational search algorithm for solving economic dispatch problem in micro-grid. Ain Shams Eng J, 12 (2021), pp. 1985–1994.

5. Сафин А.Р., Козырев А.Б., Петров Т.И., Низамиев М.Ф., Басенко В.Р., Лямзина Д.Ю. Определение параметров катушек индуктивности устройства индукционного зарядного для бесконтактного способа зарядки электротранспорта. Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2022;24(5):74–83. <https://doi.org/10.30724/1998-9903-2022-24-5-74-83>

СРАВНЕНИЕ ТИПОВ ВЕТРОГЕНЕРАТОРОВ ИСПОЛЬЗУЮЩИХСЯ В ВЕТРОУСТАНОВКАХ

Сурикова О.П., Петров Т.И.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
lelyarads07.14@gmail.com, tobac15@mail.ru

В тезисе анализируется необходимость сравнительного исследования ветрогенераторов для оптимизации их использования в зависимости от условий эксплуатации. Также обсуждаются перспективы интеграции ветрогенераторов в существующие энергетические системы, подчеркивая их значимость в переходе к устойчивым и экологически чистым источникам энергии

Ключевые слова: ветрогенераторы, кинетическая энергия, лопасти, «зеленая» энергетическая инфраструктура, оптимизация, энергоэффективность, коэффициент использования.

В последние десятилетия ветряная энергетика становится все более популярной частью мирового энергетического рынка. Сегодня в России действует несколько ветроэлектростанций. Ветрогенераторы активно используются в самых разных секторах: от малых установок для индивидуальных домохозяйств до крупных ветропарков, генерирующих электроэнергию для целых регионов. Множество мелких и средних бизнесов уже начали внедрять ветряные системы в свои производственные процессы, что позволяет сократить затраты на электроэнергию и уменьшить углеродный след. На крупных площадках ветряные станции становятся важной частью «зеленой» энергетической инфраструктуры. Современные ветропарки имеют мощность сотни мегаватт и обеспечивают электричеством десятки тысяч домохозяйств [1].

В настоящее время наиболее популярными являются ветряные электрогенераторы двух типов: крыльчатые (с горизонтальной осью вращения) и карусельные (с вертикальной осью вращения), хотя встречаются и другие конструктивные варианты, но реже.

Горизонтальные ветрогенераторы (ГВГ) – это наиболее распространенный тип ветряных установок. Они состоят из ротора, установленного на горизонтальной оси, который вращается под воздействием ветра. Эти установки обычно имеют три лопасти, которые

оптимизированы для повышения эффективности при преобразовании кинетической энергии ветра в механическую.

Основными преимуществами горизонтальных ветрогенераторов являются высокая производительность при относительно низких скоростях ветра, а также возможность увеличения высоты установки, что позволяет улавливать более мощные и стабильные ветровые потоки на высоте.

С другой стороны, вертикальные ветрогенераторы (ВВГ) имеют вертикально расположенные оси вращения. К ветрогенераторам с вертикальной осью вращения относятся различные типы, такие как ортогональные, карусельные и роторные. У роторных ветроустановок существует несколько разновидностей, названных в честь их изобретателей. Наиболее известным из них является ротор Савониуса, который заметно выделяется своей простотой и коэффициентом полезного действия. Он состоит из двух полуцилиндров, расположенных друг относительно друга с небольшим перекрытием (10–15 % от диаметра лопасти). Ветер, обтекающий ротор Савониуса, создает разные сопротивления на его выпуклой и вогнутой частях, что и приводит к образованию вращающего момента. Коэффициент использования ветра составляет до 0,15 [2].

В вертикально–осевых конструкциях, таких как Н– ротор Дарье, преимущество заключается в упрощении эксплуатации и снижении оборотов, что ведет к множеству положительных эффектов [3]:

1. Энергоэффективность

Н– ротор Дарье сохраняет энергетические характеристики на уровне аналогичных горизонтально–пропеллерных установок, несмотря на более низкие скорости вращения (до 3 об/мин для двухлопастного и еще ниже для трехлопастного). Это снижает нагрузки на опорно–трансмиссионные узлы и улучшает эксплуатационные условия;

2. Шум

Аэродинамические шумы у Н– роторов значительно ниже благодаря меньшей скорости лопастей, что делает их менее шумными по сравнению с горизонтально–пропеллерными моделями. Это важно не только для людей, но и для дикой природы;

3. Безопасность для птиц

Н–ротор Дарье заметен для птиц, что снижает вероятность столкновений. Это особенно важно с точки зрения охраны окружающей среды.

Недостатки горизонтально–пропеллерных систем:

1. Эффективность

Ориентация на ветер ограничивает эффективность из-за необходимых поворотов, которые не всегда оперативны;

2. Конструкция

Размещение механизмов на высоте увеличивает нагрузку и усложняет эксплуатацию;

3. Аэродинамика

Уменьшение хорды и крутка лопастей тоже увеличивают сложности конструкции.

В итоге, вертикально–осевые ветрогенераторы, благодаря своей конструкции и эксплуатационным характеристикам, имеют определенные преимущества перед горизонтально–пропеллерными моделями. Это открывает новые горизонты для их использования в городских районах и местах с ограниченным пространством. Будущие технологии ветрогенерации предполагают множество направлений, включая совершенствование материалов для лопастей, увеличение их длины, что позволит использовать слабые ветра, и внедрение автоматизированных систем управления для оптимизации работы турбин [4].

Источники

1. Применение генетического алгоритма при разработке программного обеспечения для перебора материалов при оптимизации синхронных двигателей / Т. И. Петров, А. Р. Сафин, М. Ф. Низамиев, В. Р. Басенко // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2022. – Т. 14, № 2(54). – С. 96–105.

2. Метод проектирования и топологической оптимизации роторов синхронных двигателей с постоянными магнитами / А. Р. Сафин, Т. И. Петров [и др.] // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2020. – Т. 12, № 2(46). – С. 45–53.

3. Ившин И. В., Ваньков Ю. В., Гаврилов В. А., Саитбаталова Р. С., Мифтахова Н.К .Информационно–измерительная система для контроля технического состояния работающих механизмов по параметрам вибрации // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2012. №3–4.

4. Разработка метода топологической оптимизации электрических машин на основе генетического алгоритма / А. Р. Сафин, Р. Р. Хуснутдинов, А. М. Копылов [и др.] // Вестник Казанского государственного энергетического университета. – 2018. – № 4(40). – С. 77–85.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ В ЖИЛЫХ И КОММЕРЧЕСКИХ ЗДАНИЯХ: СТРАТЕГИИ СНИЖЕНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Хабибуллин И.Ф., Шакурова З.М.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
ildar.khabibullin003@mail.ru

Энергоэффективность в жилых и коммерческих зданиях играет ключевую роль в снижении потребления электроэнергии и оптимизации затрат на энергию. В данной статье выделяются стратегии, направленные на улучшение энергетической эффективности зданий. Подходы к снижению потребления электроэнергии варьируются в зависимости от типа и назначения здания. Основные принципы включают в себя регулярный мониторинг энергопотребления, обучение персонала по вопросам энергосбережения и постоянное совершенствование инженерных систем зданий. Реализация эффективных стратегий по снижению потребления электроэнергии в жилых и коммерческих зданиях является важным шагом к устойчивому и экологичному развитию современной инфраструктуры.

Ключевые слова: энергоэффективное освещение, электроэнергия, снижение потребления, энергопотребление, энергозатраты

Энергоэффективность в жилых и коммерческих зданиях играет важную роль в современном мире, где уменьшение потребления электроэнергии является не только экологически важным, но и экономически целесообразным. Существует несколько стратегий, которые могут помочь снизить потребление электроэнергии в зданиях.

Первая стратегия – использование энергоэффективного оборудования. Замена устаревших электроприборов на более эффективные модели позволяет существенно сократить энергопотребление. Это включает в себя установку энергосберегающих ламп и светодиодных светильников, управление освещением при помощи датчиков движения и автоматизированных систем, а также использование высокоэффективных кондиционеров и отопительного оборудования. Также важно проводить регулярное техническое обслуживание оборудования для его оптимальной работы [1].

Вторая стратегия – улучшение теплоизоляции здания. Хорошая теплоизоляция позволяет сократить расходы на отопление зимой и

кондиционирование летом, что в свою очередь снижает потребление электроэнергии.

Третья стратегия – использование возобновляемых источников энергии. Солнечные батареи, ветрогенераторы и другие виды альтернативной энергии позволяют сократить зависимость от традиционных источников электроэнергии. Например, установка солнечных панелей на крышах зданий может обеспечить значительную часть потребляемой электроэнергии, а ветрогенераторы, размещенные вблизи, могут дополнительно снизить затраты на электричество. Кроме того, интеграция этих систем в общую энергостратегию позволяет не только уменьшить углеродный след, но и создать избыточное производство энергии, которое можно использовать для зарядки электромобилей или продажи в сеть.

Использование этих стратегий не только способствует снижению потребления электроэнергии, но также помогает экономить деньги на коммунальные платежи и снижает негативное воздействие на окружающую среду. Применение энергоэффективных решений в жилых и коммерческих зданиях – важный шаг к устойчивому развитию и сохранению ресурсов планеты [2].

Стоит учесть, что для успешной реализации стратегий энергосбережения в жилых и коммерческих зданиях необходимо также внедрение системы мониторинга и управления энергопотреблением. Современные технологии позволяют отслеживать и анализировать данные о потреблении электроэнергии в реальном времени, выявлять утечки и излишние расходы, а также оптимизировать работу энергосистем здания. К примеру, с использованием систем "умный дом" можно управлять электрооборудованием удаленно, оптимизировать графики работы систем отопления, кондиционирования и освещения, что позволит существенно сэкономить энергию и деньги [3].

Разработка и реализация стратегий по снижению потребления электроэнергии в жилых и коммерческих зданиях является ключевым шагом в улучшении их энергоэффективности. Путем внедрения инновационных технологий, оптимизации систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха, улучшения теплоизоляции и освещения, а также поощрения потребителей к сознательному и экономичному использованию энергии можно значительно снизить затраты на электроэнергию и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду.

Энергоэффективность зданий не только способствует снижению расходов на электроэнергию, но также повышает комфорт пребывания людей в них, снижает выбросы парниковых газов и помогает сократить зависимость от энергоносителей. Кроме того, инвестиции в энергоэффективность зданий окупаются на длительной дистанции за счет снижения эксплуатационных расходов [4].

Таким образом, стратегии снижения потребления электроэнергии в жилых и коммерческих зданиях являются неотъемлемой частью устойчивого развития современного общества и играют важную роль в достижении энергетической эффективности, улучшении качества жизни людей и сохранении окружающей среды. Реализация этих стратегий требует совместных усилий со стороны правительственных органов, бизнеса и общественности для достижения максимального положительного эффекта.

Источники

1. Сибагатова, И. Г. Актуальные средства повышения энергоэффективности системы электроснабжения / И. Г. Сибагатова // Проблемы и перспективы развития электроэнергетики и электротехники : Материалы V Всероссийской научно–практической (с международным участием) конференции, посвященной празднованию 55–летия КГЭУ. В 2–х томах, Казань, 11–12 октября 2023 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2023. – С. 334–337.
2. Фриев, А. М. Практическое применение методов повышения энергоэффективности жилых зданий / А. М. Фриев, Д. А. Погодин // Студенческий вестник. – 2019. – № 44–4(94). – С. 82–85.
3. Автоматизация энергопотребления снижает энергозатраты здания // Главный энергетик. – 2015. – № 2. – С. 36–43.
4. Эпова, А. С. Методы повышения энергоэффективности жилых зданий / А. С. Эпова, Е. П. Шнурникова, А. Ю. Горбачев // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – № 82–1. – С. 65–67.

ИНТЕГРАЦИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СИСТЕМЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Халиуллина Г.И., Валиуллина Д.М.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
gulshat1907@gmail.com, valiullinadiliya@mail.ru

Данная работа посвящена анализу причин пожаров в электроустановках и мерах по их предотвращению. Основное внимание уделено необходимости соблюдения правил монтажа и эксплуатации, а также применению современных технологий для оперативного реагирования на пожары.

Ключевые слова: пожарная безопасность, электроустановки, оперативное реагирование, датчики IoT, автоматические системы тушения, неисправности электрооборудования.

По статистике частота пожаров, связанных с электротехническими неисправностями составляют примерно 10–30% от общего количества пожаров в России, что варьируется, в зависимости от конкретных условий эксплуатации оборудования. В контексте промышленных объектов, последствия таких пожаров выражаются в значительных финансовых потерях. Меры по обеспечению пожарной безопасности, особенно в зонах с интенсивным использованием электроаппаратуры, приобретают критическую важность не только для минимизации экономических убытков, но и для гарантии защиты жизни и здоровья работников [1].

Стратегии обеспечения пожарной безопасности электроустановок:

1. Профилактика возникновения пожара: Основная задача – не допустить возникновения пожара, что требует строгого соблюдения технических норм и стандартов.

2. Ликвидация начального этапа пожара: В случае, если предотвратить пожар не удалось, крайне важно оперативно локализовать и потушить его на начальной стадии.

Анализ причин пожаров показывает, что большинство из них происходит из-за ошибок при монтаже и эксплуатации электрооборудования. Частые причины – это короткие замыкания, перегрузки и искрение. Чтобы минимизировать риск возникновения пожаров, необходимо строго следовать правилам установки и эксплуатации электрооборудования, таким как Правила устройства

электроустановок (ПУЭ), и регулярно проводить инструктажи по безопасности для персонала.

В условиях повышения требований к энергоэффективности и надежности промышленных электроустановок, актуальной задачей является обеспечение их пожарной безопасности. Современные исследования в области пожарной безопасности фокусируются на разработке комплексных систем, способных предотвращать возгорание, обнаруживать и локализовать пожар на ранних стадиях. В данной статье представлен анализ рисков возникновения пожаров в электроустановках и обзор инновационных технологий в этой сфере, включая применение датчиков на основе интернета вещей (IoT), систем автоматического тушения и алгоритмов искусственного интеллекта для анализа данных о состоянии оборудования. Особое внимание уделено методам повышения эффективности предупреждения пожаров, таким как использование негорючих материалов и антистатических устройств, а также внедрение строгих процедур технического обслуживания. Результаты исследования могут быть использованы для совершенствования нормативной базы и разработки рекомендаций по обеспечению пожарной безопасности электроустановок на предприятиях различных отраслей [2].

Для достижения целей исследования был проведен анализ статистических данных о пожарах в электроустановках, а также изучены современные подходы к обеспечению пожарной безопасности. В рамках работы использовались методы математического моделирования и компьютерного анализа, что позволило оценить эффективность различных систем пожаротушения и предупреждения. Были проведены эксперименты с применением датчиков IoT для мониторинга состояния электрооборудования и тестирование алгоритмов искусственного интеллекта для прогнозирования вероятности возникновения пожара.

Исследование показало, что интеграция датчиков IoT и систем автоматического тушения позволяет существенно снизить риск возникновения пожаров в электроустановках. Применение алгоритмов искусственного интеллекта для анализа данных с датчиков способствует более раннему обнаружению потенциальных неисправностей и предотвращению пожаров [3, 4]. Также была подтверждена эффективность использования негорючих материалов и антистатических устройств в качестве дополнительных мер пожарной безопасности.

Таким образом результаты исследования подтверждают, что комплексный подход к пожарной безопасности, включающий современные технологии и строгие процедуры технического обслуживания, может

значительно повысить уровень безопасности электроустановок. Рекомендации, основанные на данных исследований, могут быть использованы для обновления нормативных документов и разработки новых стандартов в области пожарной безопасности.

Источники

1. Анализ обстановки с пожарами и их последствиями на территории РФ за 5 месяцев 2024 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://mchs.gov.ru> (дата обращения: 01.07.2024).
2. Технологии интернета вещей для пожарной безопасности «умных» домов и городов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.techportal.ru/288398> (дата обращения: 01.07.2024).
3. Гачаев, А. М. Внедрение ИОТ–технологий в экономические системы электроснабжения промышленных предприятий / А. М. Гачаев, О. В. Воркунов, М. М. Матыгов // Экономика и предпринимательство. – 2024. – № 3(164). – С. 971–974.
3. Черкасов, В.Н. Пожарная безопасность электроустановок: учебник / В.Н. Черкасов, В.И. Зыков; под общ. ред. В.Н. Черкасова. – 5–е изд., перераб. и доп. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2012.
4. Сидоров, А.И. Пожарная безопасность электроустановок: учебное пособие / А.И. Сидоров, Г.А. Полунин. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2018.

ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК: ТИПЫ И РИСКИ

Хисамутдинов А.В., Наумов О.В.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
artur.rutra.2000@mail.ru

В данной статье рассмотрено определение и значение пожарной безопасности электроустановок. Изучены типы электроустановок и их пожарные риски. Описаны пожарные риски электроустановок. А также рассмотрены нормативные требования и стандарты пожарной безопасности электроустановок.

Ключевые слова: электроустановки, пожарная безопасность, электрооборудование, электрические изделия, подстанции.

Пожарная безопасность электроустановок – это состояние электрооборудования, при котором с определенной вероятностью исключается возможность возникновения и развития пожара. Это означает, что электроустановки должны быть спроектированы, смонтированы и эксплуатированы таким образом, чтобы минимизировать риск возникновения пожара и обеспечить безопасность людей и имущества.

Пожарная безопасность электроустановок имеет важное значение, так как пожары, связанные с электрооборудованием, составляют более 20% от всех зарегистрированных пожаров. При аварийных режимах работы изделий или их неправильной эксплуатации возникают источники зажигания, что может привести к перегреву и воспламенению отдельных элементов, к образованию высоковольтных и сильноточных дуг, а также высоких температур в контактных соединениях и т.п. При горении электроизделий выделяются токсичные продукты, что может привести к вреду для здоровья людей и окружающей среды [1].

Пожарная безопасность электроустановок является важной задачей, требующей внимания и усилий со стороны электроэнергетиков, проектировщиков, монтажников и эксплуатационного персонала.

Электроустановки – это устройства, предназначенные для генерации, передачи, распределения и потребления электрической энергии. Они могут быть различных типов, каждый из которых имеет свои пожарные риски.

ВЛЭП – это устройства, предназначенные для передачи электрической энергии на большие расстояния. Они состоят из проводов,

опор и изоляторов. Пожарные риски ВЛЭП включают в себя электрические удары, электрические пожары, перегрев проводов и изоляторов.

КЛЭП – устройства, которые предназначены для передачи электрической энергии на небольшие расстояния, состоящие из кабелей, опор и изоляторов. Пожарные риски КЛЭП включают в себя электрические удары, электрические пожары, перегрев кабелей и изоляторов.

Подстанции и трансформаторные подстанции – это устройства, предназначенные для преобразования электрической энергии, состоят из трансформаторов, выключателей, разъединителей и других устройств. Пожарные риски подстанций и трансформаторных подстанций включают в себя электрические удары, электрические пожары, перегрев трансформаторов и изоляторов [2].

Генераторные установки и электростанции – это устройства, предназначенные для генерации электрической энергии, состоящие из генераторов, трансформаторов, выключателей, разъединителей и других устройств. Пожарные риски генераторных установок и электростанций включают в себя электрические удары, электрические пожары, перегрев генераторов и изоляторов.

Пожарные риски электроустановок зависят от типа электрооборудования, его конструкции, эксплуатационных условий и степени пожаровзрывоопасности [1].

Пожарные риски электроустановок включают в себя электрические удары, электрические пожары, перегрев проводов и изоляторов. Неправильно проложенная электропроводка, ошибки эксплуатации энергосистемы, а также неправильное обращение с электроприборами могут стать причиной пожара в электросети.

Основные причины пожаров электроустановок включают в себя повреждение изоляции электроустановок, перенапряжение, ошибки эксплуатации энергосистемы, неправильное обращение с электроприборами и другие [3].

Меры пожарной безопасности электроустановок включают в себя правильный выбор и расчет электрической защиты, соответствующее исполнение и обслуживание электроустановок, а также автоматические меры защиты, которые предотвращают поражения человека электрическим током и аварийные режимы работы электроустановок [4].

ГОСТы и СНиПы – это нормативные документы, которые устанавливают требования к пожарной безопасности электроустановок.

ГОСТы и СНиПы определяют требования к проектированию, строительству, эксплуатации и ремонту электроустановок, а также к обеспечению пожарной безопасности.

Требования к проектированию и строительству электроустановок включают в себя требования к выбору материалов, конструкции и расположению электрооборудования. Они определяют требования к обеспечению пожарной безопасности, включая установку автоматических систем пожаротушения и пожарной сигнализации [5].

Требования к эксплуатации и ремонту электроустановок включают в себя требования к регулярному обслуживанию и ремонту электрооборудования, а также к обеспечению пожарной безопасности в ходе эксплуатации.

Нормативные требования и стандарты пожарной безопасности электроустановок играют важную роль в обеспечении безопасности людей и имущества. Они устанавливают требования к проектированию, строительству, эксплуатации и ремонту электроустановок, а также к обеспечению пожарной безопасности.

Источники

1. Правила устройства электроустановок. Минтопэнерго России. Энергосервис, 2021. 608 с.
2. Фаттахова, А. И. Методы оптимизации режимов работы электроэнергетических систем и сетей / А. И. Фаттахова // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике : Материалы XV Всероссийской открытой молодежной научно–практической конференции, Казань, 21–22 октября 2020 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2020. – С. 245–247.
3. Гачаев, А. М. Внедрение ИОТ–технологий в экономические системы электроснабжения промышленных предприятий / А. М. Гачаев, О. В. Воркунов, М. М. Матыгов // Экономика и предпринимательство. – 2024. – № 3(164). – С. 971–974.
4. Миннебаев, Г. Ф. Энергомониторинг и управление электрическими сетями с помощью ecostruxure power operation / Г. Ф. Миннебаев // Вопросы устойчивого развития общества. – 2022. – № 7. – С. 818–822.
5. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Госэнергонадзор Минэнерго России. ' М.: ЗАО "Энергосервис", 2023. ' 392 с.

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТРАДИЦИОННЫХ И АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ

Хорьяков А.И., Гаврилов В.А.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
2s19gavr@gmail.com

В работе рассматривается комбинирование различных видов источников энергии для обеспечения надежности функционирования предприятия. Приводятся комбинации энергоустановок, которые позволят в полной мере обеспечивать как собственные нужды, так и нужды самого производства.

Ключевые слова: энергоустановка, предприятие, энергия, надежность, функционирование.

В настоящее время многие предприятия стремятся к увеличению надежности и устойчивости электроснабжения с минимальными затратами на топливо и обслуживание.

Именно поэтому необходимо внедрять системы комбинированной генерации энергии. Важно выделить, что под энергией подразумевается не только электрическая, но и тепловая.

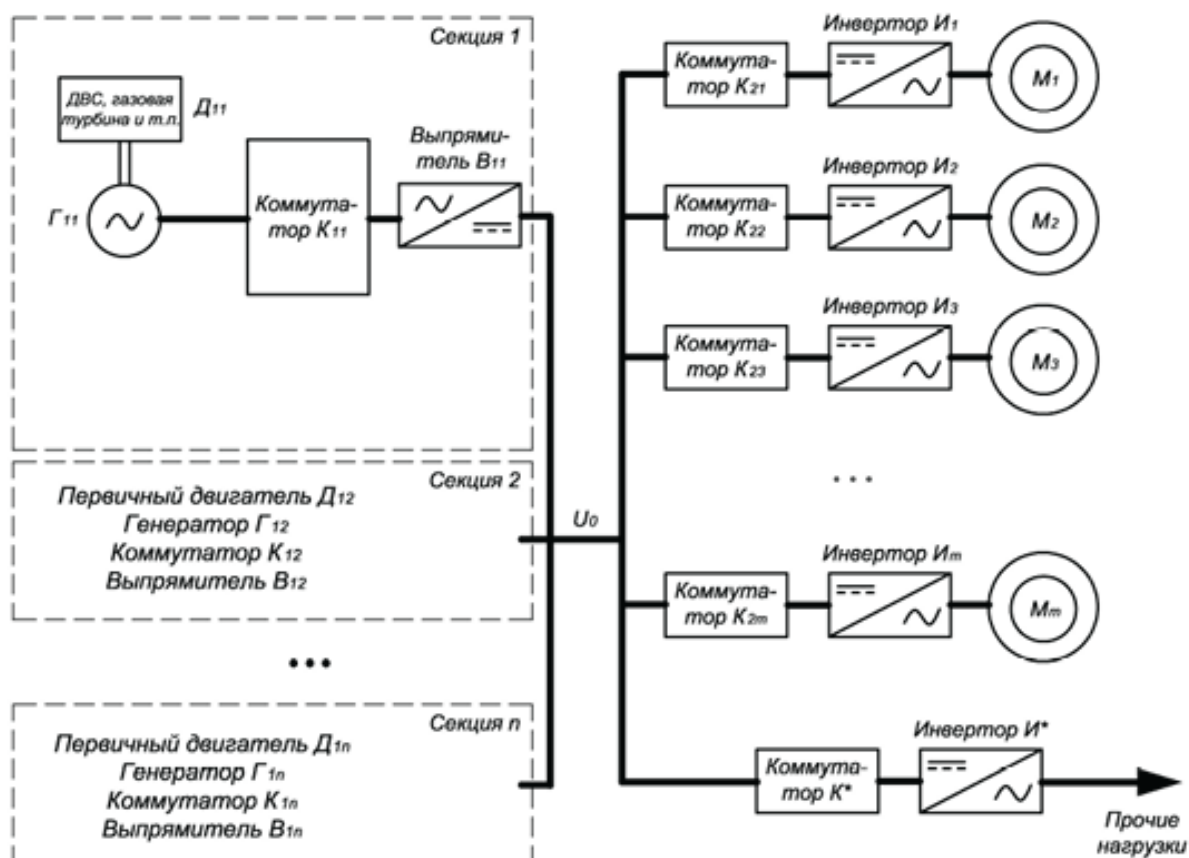
Определим задачи, которые необходимо решать автономным системам электроснабжения, основанных на традиционных и альтернативных источниках энергии:

- обеспечение необходимого качества электрической энергии в соответствии с Правилами технологического функционирования электроэнергетических систем, ГОСТ 29322–2014. Напряжения стандартные [1];
- обеспечение экономичного режима потребления и генерации с предусмотренным запасом резервного топлива в случаях непредвиденных обстоятельств;
- снижение негативного влияния на окружающую среду от энергетических установок;
- повышение независимости предприятия от общесистемного графика нагрузки.

Наиболее эффективной комбинацией энергетических установок можно выделить следующее: газотурбинная установка с солнечной

панелью: газотурбинная установка может служить для генерации электрической энергии с высокой «мобильностью». Это позволяет генерировать и поддерживать необходимую электрическую мощность за ограниченное количество времени [2, 3]. А солнечная панель может выполнять функцию нагревательного элемента – теплообменника. Помимо этого, солнечные панели за счёт своей конструкции могут аккумулировать электрическую энергию, что позволит обеспечить потребление собственных нужд.

Также вместо солнечных панелей можно использовать биогазовые установки, т.к. они могут генерировать не только тепловую энергию и электрическую, но и отдавать газ, который можно обогащать до состояния природного и по газопроводу отдавать в газотурбинную установку для генерации ещё большего количества электроэнергии, необходимой как для производственных, так и для собственных нужд предприятия. На рисунке приводится структура автономной системы электроснабжения, которая позволяет обеспечивать предприятие «ровной синусоидой» [4, 5].



Автономная система электроснабжения предприятия, построенная на основе комбинации «турбина–биогазовая установка»

Важно отметить, что наиболее точное функционирование автономной системы электроснабжения осуществляется под управлением автоматизированной системы управления или системы SCADA, которые могут управлять энергетическими установками и режимом, формируемым в этой изолированной «энергосистеме».

Главными преимуществами такого вида автономных систем электроснабжения можно назвать: снижение потребления топлива по сравнению с использованием только традиционных источников энергии; формирование такого электроэнергетического режима, который позволит обеспечивать необходимый запас мощности и постоянство частоты; исключение режима холостого хода энергетических установок.

Подводя итоги, можно сказать, что автономные системы электроснабжения могут обеспечивать надежность и устойчивость функционирования предприятия.

Источники

1. ГОСТ 29322–2014 (IEC 60038:2009) Напряжения стандартные
2. Дудко, К. С. Применение систем накопления энергии на основе аккумуляторных батарей в автономных системах электроснабжения / К. С. Дудко // Международная научно–техническая конференция молодых ученых, Белгород, 25–27 мая 2020 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2020. – С. 4186–4191.
3. Стрельцов, А. В. Анализ существующих систем автономного электроснабжения / А. В. Стрельцов, А. С. Амузаде // Технические науки: проблемы и решения: сборник статей по материалам XXXIII международной научно–практической конференции, Москва, 14 февраля 2020 года. Том 2 (30). – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Интернаука", 2020. – С. 57–61.
4. Румянцев, М. Ю. Автономные системы электроснабжения малой мощности на основе высокоскоростных турбогенераторов / М. Ю. Румянцев, С. И. Сигачев // Технический оппонент. – 2021. – № 1(7). – С. 21–26.
5. Прокофьева, Е. А. Проектирование системы автономного электроснабжения частного дома / Е. А. Прокофьева // Нанотехнологии: наука и производство. – 2023. – № 4. – С. 58–61.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ШЛИФОВАЛЬНОГО ЦЕХА: ПЕРЕДОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИХ ВНЕДРЕНИЕ

Шагабиев Р.Р.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

Shagabiev.ranif@mail.ru

Науч. рук. ст. преп. Мифтахова Н.К.

В условиях растущих цен на энергоресурсы и усиливающихся экологических требований, повышение энергоэффективности шлифовальных цехов становится критически важным направлением для снижения производственных затрат. Внедрение передовых технологий, защита окружающей среды, обучение и переквалификация персонала также играют ключевую роль в достижении устойчивого уровня энергоэффективности.

Ключевые слова: энергосбережение, эффективность, передовые технологии, снижение энергозатрат.

В условиях современного мира, где акцент на рациональное использование ресурсов и минимизацию расходов является решающим, эффективность энергозатрат в шлифовальном производстве занимает важное место в укреплении конкурентных позиций. [1].

Одним из ключевых этапов является использование современных шлифовальных станков, которые оборудованы интеллектом системы управления. Эти машины не только автоматически регулируют параметры процесса шлифования, но и отслеживают энергозатраты в режиме реального времени. Это не только позволяет снизить расходы, но и предотвращает возможные сбои в работе оборудования.

Использование высокоэффективных шлифовальных станков (см. рисунок 1) с переменной частотой вращения (ПЧВ) позволяет значительно сократить потребление энергии. Эти устройства автоматически подстраиваются под условия работы, что минимизирует затраты [1, 2].

Вот некоторые технологии для шлифовального цеха:

1. Ультраскоростное шлифование;
2. Быстроходное шлифование;
3. Прерывистое шлифование.



Рис. 1. Высокоэффективный шлифовальный станок

Эффективное использование энергии в шлифовальном цехе не только позволяет сократить расходы на электроэнергию, но и снижает количество выбросов углекислого газа. Активное применение переработанных ресурсов и внедрение зеленых технологий также способствуют повышению энергоэффективности. Например, применение инновационных абразивных материалов (см. рисунок 2), способных работать с меньшими затратами энергии [3].



Рис. 2. Круг абразивный

Кроме того, системный подход к организации рабочего процесса играет ключевую роль в повышении энергоэффективности. Оптимизация маршрутов перемещения материалов и автоматизация логистических процессов способствуют снижению временных затрат, что, в свою очередь, позволяет уменьшить энергопотребление. Использование программного

обеспечения для планирования и управления производственными процессами обеспечивает эффективное распределение ресурсов и максимальное использование оборудования.

Повышение квалификации работников шлифовального цеха, знакомство с новыми технологиями и методами работы не только способствует оптимизации процессов, но и формирует культуру энергосбережения на предприятии [4].

Повышение энергоэффективности шлифовального цеха — это комплексная задача, требующая внедрения современных технологий и методов управления. Постоянное обновление технологий и внедрение инноваций в шлифовальных цехах позволяет сокращать издержки на производство и увеличивать конкурентоспособность предприятия.

Таким образом, энергоэффективность шлифовального цеха и использование передовых технологий являются ключевыми факторами для повышения эффективности производства, снижения эксплуатационных расходов и сохранения окружающей среды.

Источники

1. Козлов Г. В., Иванова Т. Н., Муйземнек А. Ю. Повышение энергоэффективности шлифовальных станков с числовым программным управлением // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2022. № 4. С. 171–183. doi:10.21685/2072–3059–2022–4–14
2. Марголин Д. Г. Технологические инновации в процессе СМР: обзор последних достижений и их влияния на качество продукции // Актуальные исследования. 2021. №26 (53).
3. Незов, А. Д. Зелёные технологии в строительстве / А. Д. Незов, Т. А. Никитина. — Текст: непосредственный // Исследования молодых ученых: материалы LXII Междунар. науч. конф. (г. Казань, июнь 2023 г.). — Казань: Молодой ученый, 2023. — С. 14–18.
4. Петрушина В. В., Савицкая А. Л. Вовлеченность персонала, как путь к достижению целей компании // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. №1.

РАСЧЕТ СТОИМОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОЩНОСТЕЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Шайдуллин Ф.Р.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

Fail1999@yandex.ru

Науч. рук. доц. Петров Т.И.

В статье представлен метод расчета стоимости нейросетевых мощностей, необходимых для оптимизации асинхронных электродвигателей, с учетом затрат на аренду вычислительных мощностей и возможной экономии от использования собственной сборки оборудования. Приведены расчеты для 400 часов обучения нейросети, сравнение затрат на аренду и сборку собственного сервера, а также расчеты окупаемости собственного оборудования.

Ключевые слова: нейросеть, асинхронный электродвигатель, оптимизация, расчет стоимости, вычислительные мощности, обучение, искусственный интеллект

Оптимизация асинхронных электродвигателей с помощью нейросетей позволяет значительно улучшить их производительность и энергоэффективность. Для выполнения сложных задач машинного обучения, таких как оптимизация формы обмоток и расположения магнитов в статоре, требуется значительная вычислительная мощность — около 100 TFLOPS, что соответствует современным требованиям для подобных инженерных задач [1]. Оценка времени обучения при обучении модели с 1 миллионом параметров время обучения составит около 200 часов. Увеличение числа параметров до 10 миллионов может увеличить время до 800 часов.

Оценка стоимости использования таких мощностей требует учета нескольких основных параметров: вычислительных мощностей P в терафлопсах (TFLOPS), времени обучения нейросети T в часах, энергопотребления серверов E в киловаттах (кВт) и стоимости электроэнергии $C_э$ в рублях за киловатт-час. Общая стоимость использования нейросетей рассчитывается по формуле:

$$S = (P \times T \times E \times C_э) + C_{п}; \quad (1)$$

где $C_{п}$ — это прочие затраты, включающие оплату аренды серверов, амортизацию оборудования и другие административные расходы.

Рассмотрим проект, где обучение нейросети занимает 400 часов при вычислительных мощностях 100 TFLOPS. Средняя цена за аренду 100 TFLOPS составляет 300 рублей за час. В таком случае итоговая стоимость аренды составит 120 тысяч рублей:

$$S_{\text{аренда}} = 300 \times 400 = 120000 \text{ руб}; \quad (2)$$

Эта сумма включает все затраты на электроэнергию и обслуживание оборудования, так как они учтены в стоимости аренды.

Для сравнения рассмотрим вариант сборки собственного оборудования. Для реализации необходимой мощности потребуется процессор AMD Ерус 7643 с 48 ядрами, стоимостью 200,000 рублей и графический процессор NVIDIA Tesla A100, средняя цена которой составляет 1,750,000 рублей. Стоит прочих комплектующих округлили до 150,000 руб. Итоговая стоимость оборудования составит:

$$C_{\text{оборуд}} = 200000 + 1750000 + 150000 = 2100000 \text{ руб}; \quad (3)$$

Энергопотребление такого серверного оборудования включает: процессор (около 200 Вт), графический процессор Tesla A100 (около 400 Вт), прочие компоненты (около 100 Вт). Итоговое энергопотребление составляет:

$$E_{\text{сумм}} = 200 + 400 + 100 = 700 \text{ Вт} = 0,7 \text{ кВт}; \quad (4)$$

При стоимости электроэнергии 5 руб./кВт·ч и времени обучения 400 часов затраты на электроэнергию составят:

$$C_{\text{электр}} = 0,7 \times 400 \times 5 = 1400 \text{ руб}; \quad (5)$$

Затраты на использование собственного оборудования для одного проекта без учета обслуживания будут:

$$S_{\text{собств}} = C_{\text{электр}} = 1400 \text{ руб}; \quad (6)$$

С учетом стоимости аренды экономия при использовании собственного оборудования составит:

$$C_{\text{эконом}} = 120000 - 1400 = 118600 \text{ руб}; \quad (7)$$

С учетом начальных вложений в собственное оборудование, срок окупаемости составит:

$$N_{\text{часов}} = \frac{2100000 \times 400}{118600} \approx 7200 \text{ часов}; \quad (8)$$

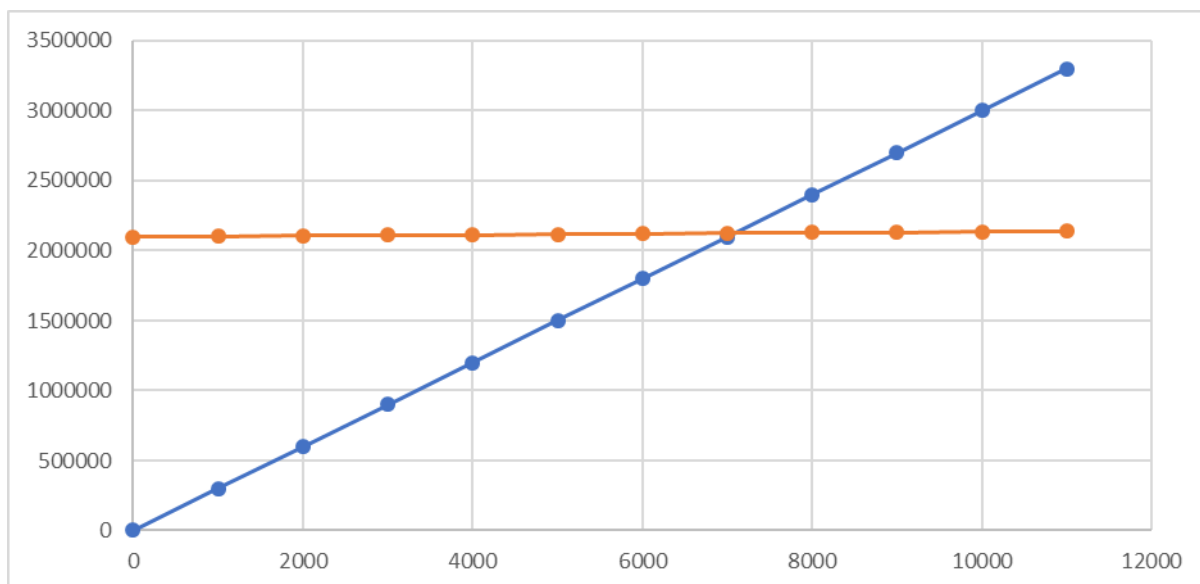


График совокупных затрат на аренду и собственное оборудование

Таким образом, для оптимизация асинхронных электродвигателей с помощью нейросетей требует значительных вычислительных ресурсов. В статье предложен метод расчета стоимости, который учитывает ключевые параметры и позволяет предварительно оценить затраты на проект. Дальнейшие исследования могут включать способы снижения затрат за счет оптимизации алгоритмов обучения.

Источники

1. Demir, U., et al. "An Innovative Approach to Electrical Motor Geometry Generation Using Machine Learning and Image Processing Techniques." IEEE Access, 2023.
2. The use of a digital controller in the loading system of the test bench to improve the accuracy of simulating the modes of oil pumping units / T. Petrov, V. Kornilov, A. Safin [et al.] // E3S Web of Conferences, Saint-Petersburg, 29–30 октября 2020 года. – Saint-Petersburg, 2020. – P. 01072. – DOI 10.1051/e3sconf/202022001072. – EDN GNFKXS.
3. Control station based on synchronous motors / T. I. Petrov, A. R. Safin, I. V. Ivshin [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Kazan, 29 октября – 02 2018 года. Vol. 288. – Kazan: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012111. – DOI 10.1088/1755–1315/288/1/012111.

МИКРОСЕТИ ДЛЯ ЛОКАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

Шайхутдинов К.А.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

karimaz@list.ru

Науч. рук. доц. Шакурова З.М.

В данной работе представлен обзор микросетей, применяемых для локального электроснабжения предприятий, рассмотрены основные причины их установки и проанализированы их положительные характеристики. Также оценены потребности и потенциал их дальнейшего развития в Российской Федерации, выявлены проблемы, которые влияют на распространение локального электроснабжения.

Ключевые слова: микросети, локальное электроснабжение, микрогенерация, возобновляемые источники энергии, ресурсы солнечной и ветряной энергии.

Стремительное развитие электроэнергетики, обусловленное высоким спросом на электроэнергию и необходимостью повышения надежности, а также снижения затрат, побуждает инженеров активно внедрять возобновляемые источники энергии в распределенные электрические сети. Эти автономные системы, известные как микросети, способны самостоятельно генерировать электроэнергию вблизи предприятий и использовать ее в моменты наибольшей потребности [1].

Микросети, как правило, разрабатываются и сооружаются в короткие сроки для удовлетворения локальных потребностей в электроэнергии, при этом не предусматривается передача электроэнергии на значительные расстояния [2].

Локальные микросети обладают множеством преимуществ, в том числе снижают стоимость производства электроэнергии в районах, удалённых от централизованных энергосистем, и в сельской местности. Они способствуют эффективному использованию энергии и более экологичному взаимодействию с окружающей средой за счёт применения возобновляемых источников [3]. Микросети также позволяют предприятиям контролировать расходы на электроэнергию и повышают их экологическую безопасность и устойчивость [1].

Создание локальных микросетей особенно целесообразно в отдалённых регионах, где централизованные сети не могут обеспечить

стабильное электроснабжение, в монопрофильных населённых пунктах и старых промышленных зонах, подлежащих модернизации.

Примером такой микросети в России является автономная гибридная энергоустановка (АГЭУ) в селе Менза Забайкальского края, построенная компанией «Хевел». АГЭУ включает в себя два дизельных генератора мощностью 200 кВт, солнечные фотоэлектрические модули общей мощностью 120 кВт, накопитель энергии ёмкостью 300 кВт·ч, систему инверторов и программное обеспечение. С её помощью удалось снизить удельный расход топлива более чем в два раза и обеспечить бесперебойное энергоснабжение в течение 24 часов в сутки [4].

Расширение локальных микросетей в России обладает значительным потенциалом, особенно в регионах, которые не входят в Единую энергетическую систему или требуют дорогостоящих мероприятий по электроснабжению. Например, Калининградская область или Дальний Восток [5].

Для оценки экономической эффективности микросетей был проведен анализ двух кейсов: промышленной площадки в Свердловской области и торгово–офисного центра в Сингапуре. С помощью программного пакета HOMER Pro была рассчитана нормированная стоимость электроэнергии для обоих случаев в таблице ниже, и результаты показали, что экономия для российской площадки составит 1,78 рубля на каждый потребленный кВт·ч, тогда как для Сингапура экономия составит 4 сингапурских цента на кВт·ч. Из таблицы мы можем понять, что применение микросетей дает значительное экономическое преимущество по сравнению с базовым потреблением электроэнергии из сети.

Таблица 1

Сравнение экономических показателей вариантов электроснабжения модельных кейсов

Вариант электроснабжения	Стоимость в \$ за кВт·ч	Эконом–ий эффект в сравнении с базовым вар–ом
Промышленная площадка в Свердловской области		
Базовый. Сетевое электроснабжение	0,0799	31,9%
Микросеть. Газовая генерация и сетевое электроснабжение	0,0544	
Торгово–офисный центр в Сингапуре		
Базовый. Сетевое электроснабжение	0,1200	25,6%
Микросеть. Солнечные панели и сетевое электроснабжение	0,0893	

Тем не менее, микрогенерация в России на данный момент остаётся слаборазвитой. Основными причинами этого являются недостаточная информированность потребителей о реальной стоимости и доступности технологий солнечной и ветряной энергетики, а также отсутствие чёткого законодательства, касающегося подключения микрогенерации к сетям и расчёта стоимости электроэнергии [5]. Были предприняты шаги по улучшению нормативно–правовой базы, но ряд недостатков сохраняется, что может затруднить развитие микросетей в стране.

В перспективе ожидается рост рынка локального электроснабжения, что будет способствовать развитию предприятий и повышению экологической устойчивости в России. Это также вызвано необходимостью обеспечения электроэнергией удалённых поселений, где высока стоимость её доставки.

Источники

1. Schneider Electric [Электронный ресурс] // Микросети: сайт. – URL: <https://www.se.com/kz/ru/work/solutions/microgrids/> (дата обращения: 24.10.2024)
2. MOXA [Электронный ресурс] // Сети Microgrid и автоматизация питающих линий: сайт. – URL: https://moxa.ru/tehnologii/power_systems/seti-microgrid-i-avtomatizaciya-pitayuwih-linij/ (дата обращения: 24.10.2024)
3. Школа для электрика [Электронный ресурс] // Микросети – что это такое и как они работают: сайт. – URL: <https://electricalschool.info/main/elsnabg/2717-mikroseti-cto-eto-takoe.html> (дата обращения: 24.10.2024)
4. RenEn [Электронный ресурс] // Экономим топливо и снижаем выбросы в Забайкалье с помощью солнца: сайт. – URL: <https://renen.ru/solar-diesel-energy-storage-hybrid-power-station-hevel/> (дата обращения: 24.10.2024)
5. Коданева С. И. Перспективы и правовые проблемы развития микрогенерации в России. DOI: 10.21681/2226-0692-2021-4-40-48

ЭФФЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В СИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Шафигуллина А.Г., Шакурова З.М.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
aysik2003@gmail.com, shzumeyra@mail.ru

В данной работе затронута тема эффективных способах энергосбережения в системах электроснабжения. В настоящее время энергосбережение становится все более широким и актуальным, в связи с тем, что потребление тепловой и электрической энергии является необходимым условием жизнедеятельности человека. Рассмотрены характеристики и преимущества трансформатора ТМГ–12.

Ключевые слова: энергосбережение, энергоэффективность, системы электроснабжения, трансформатор.

Эффективные способы энергосбережения в системах электроснабжения – это различные методы и технологии, которые позволяют снизить потребление электроэнергии и повысить энергоэффективность систем электроснабжения [1]. Некоторые из таких способов включают в себя использование энергосберегающего оборудования, оптимизацию процессов, установку современных и энергоэффективных устройств, а также мониторинг и управление потреблением энергии. Это явление играет значительную роль в экономике страны и может не только снизить расходы потребителей на электроэнергию, повысить экономическую выгоду предприятий, увеличить мощность распределительного оборудования, но и иметь большое значение для защиты окружающей среды [2].

Систему электроснабжения можно описать как совокупность электротехнических устройств, таких как трансформаторы, линии электропередачи, электрические аппараты и сборные шины, которые предназначены для преобразования, передачи и распределения электроэнергии среди электроприемников электрифицированной деятельности человека. Это дает основание говорить, что выход из строя энергосистемы в основном связан с выходом из строя этих устройств [3].

Один из способов по энергосбережению систем электроснабжения является выбор энергосберегающих трансформаторов. При использовании электрооборудования сверх установленных сроков наблюдаются

завышенные потери и увеличивающаяся аварийность. Вследствие увеличения потерь, связанных с поломкой оборудования, большинство предприятий стремится обновить свой парк электрооборудования, чтобы снизить собственные риски в будущем. При этом акцент делается на выбор энергосберегающих моделей.

Рассмотрим энергосберегающий трансформатор – ТМГ–12 (см. рис.), который представляет собой трёхфазный масляной герметичный трансформатор, производимый Минским электротехническим заводом имени В. И. Козлова. Данный трансформатор обладает наименьшими потерями в режиме холостого хода и при коротком замыкании среди всех серийно производимых в СНГ силовых трансформаторов общего назначения. Он был выбран в соответствии с рекомендациями Европейского комитета по электротехнике, что позволяет значительно сократить эксплуатационные расходы. Потери в режиме холостого хода и короткого замыкания в этих сериях трансформатора минского производства уменьшены на 30 % по сравнению с трансформаторами других серий и производителей [4].



Трансформатор серии ТМГ12

В таблице приведены номинальные данные трансформатора серии ТМГ–12 мощностью 100–1250 кВА. Эти трансформаторы предназначены для преобразования электрической энергии в энергосистемах, как в условиях наружной, так и внутренней установки, при умеренном (от +40 до –45 °С) или холодном (от +40 до –60 °С) климате, но не предназначены для работы в условиях вибрации, тряски, ударов или в агрессивной химической среде. Номинальная частота работы трансформатора равна 50 Гц. Регулировка напряжения осуществляется в диапазоне до $\pm 5\%$ на полностью отключенном трансформаторе ПБВ (переключение без возбуждения) путем изменения ответвлений обмотки ВН (высокого напряжения) ступенями по 2,5 % [4].

Технические характеристики трансформаторов ТМГ–12

Номинальная мощность, кВА	Номинальное напряжение, кВ		Потери, Вт		Напряжение к.з., %	Коррект. уровень звуковой мощности, дБА	Масса, кг	
	ВН	НН	х.х.	к.з.			масла	полная
100	6; 6,3;10; 10,5	0,4	210	1750	4,5	52	125	560
160	6; 6,3;10; 10,5	0,4	300	2350	4,5	54	165	755
250	6; 6,3;10; 15	0,4	425	3250	4,5	55	225	1000
400	6; 6,3;10; 15	0,4	610	4600	4,5	58	325	1370
630	6; 6,3;10	0,4	800	6750	5,5	61	440	1870
1000	6; 6,3;10	0,4	1100	10500	5,5	64	720	2820
1250	6; 6,3;10; 15	0,4	1350	13250	6,0	65	855	3630

Следует отметить, что с точки зрения потребителей основным преимуществом конструкции ТМГ является отсутствие эксплуатационных затрат на протяжении всего срока службы трансформатора. В то же время, для других типов трансформаторов эксплуатационные расходы могут достигать 60 % от первоначальной стоимости устройства.

Таким образом, энергосбережение является важным аспектом экономического роста, который демонстрирует, что во многих случаях выгодно осуществить меры по экономии энергии, чем увеличивать ее производство.

Источники

1. Шаповалов С.В. Энергосбережение и энергосберегающие технологии: учеб.пособие/ С.В.Шаповалов, О.В.Самолина, Н.А.Шаповалова. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2012. –99с.: обл.
2. Пилипенко, Н. В. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей: учебное пособие / Н. В. Пилипенко, И. А. Сиваков. – Санкт–Петербург: НИУ ИТМО, 2013. – 274 с.
3. Гужов, Н.П. Системы электроснабжения / Н.П. Гужов, В.Я. Ольховский, Д.А. Павлюченко. – Новосибирск: НГТУ, 2007. – 258 с. – ISBN 978–5–7782–0916–9.
4. Энергосберегающие трансформаторы ТМГ12 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mitek.spb.ru/catalog/id4/>

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ПО ДАНЫМ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИБРИДНЫХ МОДЕЛЕЙ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Шеломенцев В.А., Хамитов Р.Н.

ФГБОУ ВО «Тюменский государственный университет», г. Тюмень, Россия
shelomentsevva72@mail.ru

Предложена гибридная модель машинного обучения для прогнозирования состояния силовых трансформаторов на основе данных хроматографического анализа растворённых газов. Применение ансамблирования и методов предварительной обработки данных позволило повысить точность прогнозирования и подтвердило эффективность предлагаемого подхода.

Ключевые слова: силовые трансформаторы, хроматографический анализ растворённых газов, машинное обучение, обработка выбросов, прогнозирование состояния.

Оценка состояния силовых трансформаторов является критически важной задачей в электроэнергетике, обеспечивающей надежность и безопасность энергосистемы [1]. Хроматографический анализ растворённых газов (DGA) [1] представляет собой эффективный метод диагностики, позволяющий определить концентрации водорода, метана, этилена, ацетилена и других газов в трансформаторном масле, служащих индикаторами внутренних дефектов и аномальных процессов, таких как частичные разряды и термическое старение изоляционных материалов [2]. Применение DGA способствует раннему выявлению потенциальных неисправностей, что позволяет продлить срок службы оборудования и снизить эксплуатационные затраты за счет своевременного технического обслуживания [1,4].

Методы машинного обучения, такие как классические регрессионные модели и искусственные нейронные сети (ИНС), уже показали свою эффективность в прогнозировании состояния трансформаторов [5,6]. Однако классические модели зачастую ограничены в способности учитывать сложные нелинейные зависимости между признаками, что снижает их точность в реальных условиях эксплуатации [5]. С другой стороны, ИНС обладают высокой гибкостью и способностью

моделировать сложные зависимости, но могут страдать от переобучения и требуют значительных вычислительных ресурсов [7]. В связи с этим возникла необходимость в разработке гибридных моделей, сочетающих преимущества обоих подходов для повышения точности и надежности прогнозирования состояния трансформаторов.

В процессе подготовки данных осуществлялся тщательный анализ исходных данных, включающих концентрации растворённых газов и параметры трансформаторного масла [3]. Особое внимание уделялось выявлению и обработке выбросов, так как аномальные значения могут существенно влиять на точность моделей машинного обучения [3,6]. Для удаления выбросов применялся метод межквартильного размаха (IQR), позволяющий определить границы нормальных значений признаков и исключить аномальные данные [5]. Метод IQR основан на вычислении первого и третьего квартилей, после чего рассчитывается межквартильный размах $IQR = Q_3 - Q_1$. Границы для выявления выбросов устанавливаются как $Q_1 - 1.5 \times IQR$ и $Q_3 + 1.5 \times IQR$. Все значения, выходящие за эти пределы, классифицируются как выбросы и исключаются из анализа.

Выбор моделей машинного обучения основывался на их способности эффективно обрабатывать многомерные данные и предсказывать как индекс состояния трансформатора, так и остаточный срок его службы. В качестве основных моделей были выбраны ExtraTreesRegressor и ИНС с использованием фреймворка AutoML – FEDOT [5,8]. ExtraTreesRegressor характеризуется высокой точностью и устойчивостью к переобучению, что делает его подходящим для работы с большими и сложными наборами данных [5]. ИНС, в свою очередь, обеспечивают гибкость в моделировании сложных зависимостей между признаками, что позволяет повысить точность прогнозов [7].

Модели обучались на обучающей выборке, составляющей 80% всех данных, с последующей валидацией на оставшихся 20%. Для предотвращения переобучения использовалась кросс-валидация, обеспечивающая оценку обобщающей способности моделей на различных подвыборках данных [3]. Оценка качества моделей осуществлялась с использованием трёх метрик: средней абсолютной ошибки (MAE), корня из средней квадратичной ошибки (RMSE) и коэффициента детерминации (R^2).

Основываясь на полученных результатах, выдвинута гипотеза о том, что сочетание моделей ExtraTreesRegressor и ИНС в рамках фреймворка FEDOT способно повысить точность прогнозирования индекса состояния

силовых трансформаторов. Для проверки данной гипотезы были использованы различные методы ансамблирования прогнозов, включая простое и взвешенное усреднение (Averaging и Weighted Averaging), стекинг (Stacking), блендинг (Blending) и бустинг (XGBoostRegressor). Основной подход заключался в комбинировании сильных сторон каждой модели для улучшения общей производительности гибридной системы. Как представлено в Таблице 1, гибридные модели, особенно при использовании взвешенного усреднения, показали улучшение показателей коэффициента детерминации, достигнув значений 0,81 и 0,82 соответственно. Это указывает на повышение способности моделей объяснять вариацию данных, подтверждая эффективность интеграции ExtraTreesRegressor и ИНС для получения более точных и надёжных прогнозов индекса состояния трансформаторов [9].

Таблица 1

Сравнение моделей и методов прогнозирования по метрикам

Метод	MAE	RMSE	R^2
Отдельные модели			
ExtraTreesRegressor	5,21	8,59	0,77
ИНС с применением FEDOT	3,80	7,42	0,79
Гибридная модель (объединение прогнозов)			
Усреднение (Averaging)	5,29	7,97	0,81
Взвешенное усреднение (Weighted Averaging)	5,09	7,80	0,82
Стекинг (Stacking)	4,87	8,30	0,80
Блендинг (Blending)	6,65	9,79	0,72
Бустинг (XGBoostRegressor)	5,07	8,38	0,80

Источники

1. Faiz J., Soleimani M. Dissolved gas analysis evaluation in electric power transformers using conventional methods a review // IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. Vol. 24, no. 2, pp. 1239–1248.
2. Анализ повреждаемости трансформаторов мощностью 16 и 25 MVA класса напряжения 110 kV [Analysis of damageability of transformers with a power of 16 and 25 MVA, voltage class 110 kV] [Electronic Resource].

URL: <https://pue8.ru/elektricheskie-seti/623-analiz-povrezhdaemosti-transformatorov-moshchnostyu-16-i-25-mva-klassa-napryazheniya-110-kv.html> (дата обращения: 19.03.2024).

3. Khiar M., Ghani S., Bakar N., Chairul I., Talib M. Sulfur Corrosion Mechanism in Power Transformers and Its Detection Techniques: A Review // IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. 2022. Vol. 29, no. 6, pp. 2283–2293.

4. Gairola A., Rawat S. Modern Diagnostic Tests for Condition Monitoring of Power Transformers of Koteswar HEP // International Journal of Scientific & Engineering Research. 2016. Vol. 7, no. 12, pp. 390–396.

5. Ashkezari A., Ma H., Saha T., Ekanayake C. Application of fuzzy support vector machine for determining the health index of the insulation system of in-service power transformers // IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation. 2013. Vol. 20, no. 3, pp. 965–973.

6. Gutten M., Kucera M., Korenciak D., Karman M. Diagnostics of construction parts of the dry transformers // International Conference on Diagnostics in Electrical Engineering. 2022. pp. 1–4.

7. Ahmed A. Smart Transformer Health Monitoring System // IEEE International Conference on Human–Robot Interaction. 2023. pp. 837–840.

8. Secic A., Krpan M., Kuzle I. Vibro–Acoustic Methods in the Condition Assessment of Power Transformers: A Survey // IEEE Access. 2019. Vol. 7, pp. 83915–83931.

9. Rokani V., Kaminaris S., Karaisas P., Kaminaris D. Power Transformer Fault Diagnosis Using Neural Network Optimization Techniques // Mathematics. 2023. Vol. 11, no. 22, p. 4693.

DESIGN AND OPTIMIZATION OF PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MOTORS FOR ELECTRIC DRIVE SYSTEMS

Iakovleva Elizaveta Vitalievna, Demidkina Darya Aleksandrovna

FSBEI HE «KSPEU», Kazan

elizaveta.iakovleva02@mail.ru

This paper investigates the design and optimization principles of permanent magnet synchronous motors (PMSM) for electric drive systems. It emphasizes the need for efficient and reliable motor technologies in areas such as electric vehicles, industrial automation, and renewable energy. Taking into account factors such as magnetic materials, rotor designs and winding configurations, the study focuses on innovative methodologies and strategies that enhance the overall performance and efficiency of PMSM.

Keywords: electric drive systems, pmsm design, optimization, rotor designs, performance evaluation, multi-purpose optimization.

The growing demand for electric drive systems in various applications such as electric vehicles, industrial automation and renewable energy systems is fueling the need for efficient and reliable motor technology. PMSMs, characterized by permanent magnet rotor and synchronous operation, offer significant advantages in terms of high power density, superior torque control, and reduced maintenance requirements. However, achieving optimum performance and efficiency requires careful consideration of multiple design parameters and the use of advanced optimization techniques. The purpose of this paper is to explore the design and optimization principles of PMSMs for electric drive systems, focusing on innovative methodologies and strategies that improve their overall performance and cost-effectiveness [1].

Selecting the right magnetic materials is critical to achieving optimum motor performance. High energy density materials such as neodymium-iron-boron (NdFeB) and samarium-cobalt (SmCo) magnets have superior magnetic properties, resulting in increased torque and efficiency. However, considerations such as cost, availability, and temperature stability also play an important role in material selection [2].

Rotor design has a significant impact on PMSM performance. Various rotor designs, including surface mount magnets, internally mounted magnets, and hybrid configurations, offer unique advantages and limitations. Surface-mounted magnets provide higher torque density and simplified fabrication, while internally mounted magnets provide improved flow control and reduced

jamming torque. Hybrid designs aim to combine the advantages of both configurations. Selection of the appropriate rotor design depends on the specific application requirements and trade-offs between factors such as torque ripple, torque engagement and ease of fabrication.

Optimal winding configurations in PMSMs are critical to achieving efficient and reliable operation. The choice of winding types, such as concentrated windings or distributed windings, affects factors such as copper losses, winding resistance and current harmonics. In addition, the selection of appropriate slot configurations, such as slanted slots or partial slot windings, can reduce meshing torque and improve overall performance.

Analytical models based on fundamental electromagnetic principles provide insight into motor behavior and performance. These models can predict key parameters including torque, back EMF and losses, making it easier to identify design trade-offs and optimization opportunities.

Computational electromagnetics, such as finite element analysis (FEA), has become a powerful tool for analyzing and optimizing the electromagnetic performance of PMSMs. FEA modeling allows designers to evaluate various design parameters such as magnet shape, rotor geometry, and stator winding arrangement, resulting in improved motor efficiency and performance [3].

Multi-objective optimization methods aim to simultaneously optimize multiple conflicting objectives such as torque generation, power density, and thermal management. These strategies utilize algorithms such as genetic algorithms, particle swarm optimization, and evolutionary algorithms, to explore the design space and identify optimal solutions that balance the competing objectives.

Sensitivity analysis techniques play a critical role in understanding the influence of design parameters on motor performance. By systematically varying parameters such as magnet size, winding configuration, and cooling methods, sensitivity analysis helps identify critical design factors that significantly affect motor performance.

DoE methodologies enable efficient exploration of the design space by strategically selecting a limited number of experiments. Through careful design of experiments based on statistical principles, DoE methods provide valuable information on the relationship between design variables and engine performance, enabling efficient optimization and trade-off analysis [4].

Several performance evaluation metrics are considered to evaluate the effectiveness of design and optimization strategies. These metrics include torque to inertia ratio, specific power, efficiency, torque to gearing, and thermal performance. Evaluating motor performance against these metrics ensures that

the design objectives are met while taking into account practical constraints such as size, weight, and cost.

In conclusion, the design and optimization of permanent magnet synchronous motors (PMSMs) for electric drive systems requires a comprehensive understanding of various factors such as magnetic materials, rotor designs, and winding configurations. Using innovative design methodologies and optimization strategies, including analytical modeling, computational electromagnetics, and multi-objective optimization techniques, designers can improve the overall performance and efficiency of PMSM [5]. Sensitivity analysis and design of experiments (DoE) techniques help to identify critical design parameters and optimize motor performance. By evaluating performance metrics such as torque to inertia ratio, specific power, and thermal performance, the study facilitates the development of efficient and reliable electric drive systems in various applications.

List of references

1. Smith, J. D., & Johnson, A. B. Design and optimization of permanent magnet synchronous motors for electric drive systems. *International Journal of Electrical Engineering*, 45(2), 2020, pp. 87–105.
2. Li, C., Wang, Q., & Chen, Z. Advanced optimization methods for permanent magnet synchronous motor design. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 56(4), 2020, pp. 3123–3133.
3. Kim, S., Park, S., & Lee, J. Optimal design of rotor configurations for permanent magnet synchronous motors using genetic algorithms. *Energies*, 13(5), 2020, pp. 1124.
4. Influence of the number of stator winding phases on the traction force of a linear synchronous motor / A. G. Logacheva, Sh. I. Vafin, R. R. Gibadullin, A. M. Kopylov // *National Association of Scientists*. – 2015. – № 2–3(7). – C. 138–143. – EDN YMGQTH.
5. Power equipment, electric drive and automation Li, Y., Wang, M., & Wei, X. Multi-objective optimization of permanent magnet synchronous motors using particle swarm optimization. *IEEE Transactions on Magnetics*, 57(8), 2021, pp. 1–10.

DESIGN AND OPTIMIZATION OF MICRO GRIDS FOR SUSTAINABLE ENERGY PRODUCTION

Iakovleva Elizaveta Vitalievna, Demidkina Darya Aleksandrovna

FSBEI HE «KSPEU», Kazan

elizaveta.iakovleva02@mail.ru

This paper discusses the challenges associated with the design and optimization of microgrids for sustainable energy production. Microgrids are becoming increasingly popular due to the shift from conventional to renewable energy sources and the trend towards more distributed and off-grid energy production. Microgrids are scalable, flexible and more resilient than traditional power grids. One of the key challenges in designing a microgrid is selecting the optimal energy source. Solar panels, wind turbines, biomass generators and hydro generators are some of the possible options. Various methods including life cycle analysis, economic analysis and environmental analysis can be used to optimize the choice of energy source. The article also emphasizes the importance of a management and control system, which should ensure optimal utilization of available energy sources and provide monitoring and management of the microgrid. The use of batteries is another important element of microgrids as it increases their efficiency and improves the quality of power supply. Finally, reliability and security of microgrids are important aspects to be considered in their design and optimization. The paper concludes that the design and optimization of microgrids requires the application of various methods and technologies to increase their performance, reduce the cost of energy production, and improve the quality of power supply.

Keywords: microgrid design, batteries, control system, reliability, safety.

Modern energy production is undergoing major changes due to the transition from conventional to renewable energy sources. At the same time, energy production is becoming more distributed and autonomous. In this regard, microgrids, which are autonomous networks for energy production, are becoming increasingly popular. The purpose of this paper is to address the challenges associated with the design and optimization of microgrids for sustainable energy production [1].

Microgrids are autonomous grids consisting of a group of generators, batteries and other electrical installations that operate in parallel and are capable of meeting the electricity needs of small areas. They are scalable, flexible and more resilient than stable grids. One of the main advantages of microgrids is their high efficiency and the possibility to save energy resources.

One of the key challenges in microgrid design is the selection of an optimal energy source. Among the possible options are solar panels, wind generators, biomass and hydro generators, as well as the use of additional backup sources such as diesel generators. When choosing an energy source, a number of factors should be taken into account, such as climatic conditions, fuel availability, cost, etc.

Various methods such as life cycle analysis, economic analysis, environmental analysis, etc. can be used to optimize the choice of energy source.

One of the key elements of a microgrid is the management and control system. It should ensure optimal utilization of available energy sources depending on current needs and conditions. The control and management system should also provide monitoring and control of the microgrid operation, including measurement of voltage, current, power, battery level, etc. In addition, the control and monitoring system should provide protection to the microgrid against abnormal situations such as short circuit, overload, etc. [2].

Various methods and algorithms such as optimal control algorithms, artificial intelligence algorithms, scheduling systems, etc. can be used to develop a command and control system.

As well as control over the state of the equipment is carried out using special control and monitoring systems, which allow to effectively manage energy processes and prevent possible failures in the microgrid.

Batteries are an important element of microgrids because they allow storing the energy obtained from the energy source and utilizing it during periods when the energy source is not working or not working efficiently enough. Optimal use of batteries can increase the efficiency of the microgrid, reduce the cost of energy production and improve the quality of energy supply [3].

Various methods and algorithms such as charging and discharging control algorithms, energy storage control algorithms, etc. can be used to optimally utilize the battery packs.

Reliability and safety of microgrid operation are important aspects to be considered in its design and optimization. They depend on many factors such as proper selection of power source, efficient control and monitoring system, optimal utilization of batteries, etc. [4].

To ensure the reliability and safety of microgrid operation, it is necessary to use various methods and techniques such as redundancy and duplication of elements, protection systems against abnormal situations, etc. [5, 6].

Microgrid design and optimization are complex and multifaceted problems that require the use of various methods and technologies. In this paper, key challenges related to the design and optimization of microgrids for

sustainable energy production have been discussed. The result of optimizing microgrids is to increase their performance, reduce the cost of energy production and improve the quality of energy supply.

References

1. Fathi, M., Nofal, T. A., Elgindy, M., & Elserougi, A. Optimal operation of renewable energy-based microgrid using a hybrid algorithm of grey wolf optimizer and particle swarm optimization. *Energy Reports*, 6, 2020, pp. 245–253.
2. Mousavi, S. A., Sadeghi Yazdankhah, A., & Javadi, M. S. Designing a renewable energy-based microgrid with high reliability and low cost using a novel algorithm. *Journal of Cleaner Production*, 287, 2021, pp. 125–128.
3. Nourbakhsh, G., Bagheri, M., & Aliakbar Golkar, M. Energy management of a microgrid with multiple energy sources using an adaptive predictive fuzzy algorithm. *Energy Reports*, 6, 2020, pp. 135–147.
4. Saha, A., Banerjee, R., & Ghosh, A. Microgrid operation and control with renewable energy sources: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135, 2021, pp. 110–116.
5. Modeling of power supply systems to improve the power quality of a separate territory / M. F. Agzamov, M. N. Simonova, E. F. Hakimzyanov [et al.] // *Tinchurin Readings – 2021 "Energy and Digital Transformation": Proceedings of the International Youth Scientific Conference*. In 3 volumes, Kazan, April 28– 30, 2021. Volume 1. – Kazan: LLC PK "Astor and Ya", 2021. – C. 77–82.
6. Using Swarm Intelligence Algorithm for Symmetrization of Electric Networks. Makletsov, A.M., Cuong, L.Q., Vorkunov, O.V., Maksimov, V.V., Kurakina, O.E. *International Conference of Young Specialists on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices, EDM*. 2024, pp. 1490–1495.

НАПРАВЛЕНИЕ 4: ТРАНСФОРМАЦИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ: ЭКОНОМИКА, ПОЛИТИКА, КОММУНИКАЦИИ

УДК 629.111

АНАЛИЗ РЫНКА ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ: РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАЗВИТИЮ ЭЛЕКТРОКАРОВ НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ

Аветисян А.С.

ФГБОУ ВО «ИрННТУ», г. Иркутск, Россия

Популярность электромобилей (EV) во всем мире растет благодаря их экологическим и экономическим преимуществам, однако в России их доля на рынке остается минимальной. Основным препятствием для потенциальных покупателей является суровый зимний климат, который влияет на работу аккумуляторов и сокращает пробег. Отсутствие моделей с достаточной теплоизоляцией еще больше усложняет эту проблему. Кроме того, нехватка зарядных станций между городами ограничивает возможности владельцев электромобилей совершать поездки на большие расстояния. Для повышения удобства использования электромобилей крайне важно развивать инфраструктуру зарядных станций в городских районах и вдоль основных дорог. Несмотря на эти трудности, будущее электромобилей в России может быть светлым при активной государственной поддержке. Правительство могло бы способствовать внедрению электромобилей, предоставляя субсидии на установку зарядных станций и продвигая технологии, подходящие для холодного климата. Вовлечение производителей электромобилей в местное производство также могло бы способствовать развитию рынка и повышению доступности для населения.

Ключевые слова: Электрокары, рынок продаж, рост эффективности, государственная поддержка, субсидии, доступности электромобилей.

В 2022 году мировое количество электромобилей (EV) достигло 25,9 млн, а объем продаж – 10,2 млн. В 2023 году российский рынок электромобилей улучшился: продажи новых электромобилей выросли до 14 000 единиц (рост на 371,5%). Доля рынка электромобилей в России выросла с 0,48% в 2022 году до 1,37% в 2023 году, во главе с такими популярными китайскими моделями, как Seeker 001 (2932 единицы) и Free Voayh (2856 единиц). Отечественный бренд Evolute продал 1418 единиц электромобилей, что в семь раз больше, чем годом ранее, став третьим по величине российским производителем электромобилей. В январе 2024 года

продажи достигли 1485 единиц, что в четыре раза больше, чем в январе прошлого года. Росстат сообщил, что с января по ноябрь 2023 года было произведено 4 778 электромобилей, что обусловлено ростом потребительского спроса, государственной поддержкой и улучшением инфраструктуры зарядки [1].

Российский рынок ожидает появления сверхмощных электромобилей от компаний "Кама" и "Камаз" при поддержке инвестора Рубена Варданяна, а выпуск новой модели запланирован на середину 2025 года. Этот электромобиль будет оснащен двигателем мощностью 150 кВт, который разгоняется с 0 до 100 км/ч за 7 секунд. Бренд Evolute компании MotorInvest LLC предлагает такие модели, как i-PRO и JOY, в то время как Electric Vehicles Manufacturing Rus и другие, включая ГАЗ и УАЗ, планируют расширить ассортимент своих электромобилей [2, 3].

Автор предлагает меры по поддержке развития отечественного производства электромобилей в России, выделяя три основных направления. Во-первых, необходимо создать необходимую инфраструктуру, выделив государственные субсидии на установку зарядных станций. Во-вторых, необходимо разработать нормативно-правовую базу для повышения привлекательности электротранспорта.

Субсидия на строительство высокоскоростной зарядной станции составляет 2,7 миллиона рублей, в том числе 1,8 миллиона – на оборудование и 900 тысяч – на подключение к сети. Ожидается, что к 2024 году в России будет построено не менее 9,4 тысячи станций, в том числе 3000 высокоскоростных. По состоянию на октябрь 2023 года лидирует Москва с 553 станциями, за ней следуют Московская область (371), Краснодарский край (286) и Татарстан (243). Чтобы повысить спрос на электромобили (EV), правительство планирует предложить скидки в размере 15–25% на отечественные электромобили с помощью льготных кредитов, лизинга и субсидий для такси и каршеринга. Министерство транспорта будет стимулировать продажи электромобилей с помощью обязательных рекламных акций [4]. В Приморском крае каршеринговая компания "Русгидро" получила по 925 тысяч рублей за автомобиль на покупку 95 моделей Evolve. Цель состоит в том, чтобы развивать технологии и местное производство для достижения 36 000 электромобилей к 2024 году и 15% доли рынка (220 000 единиц и 72 000 зарядных станций) к 2030 году. Однако в 2023 году было произведено менее 5000 электромобилей. Ключевыми факторами спроса являются налоговые льготы, отмена транспортного налога для электромобилей, льготный лизинг и государственная компенсация до 25% стоимости

автомобиля (максимум 625 000 рублей). В некоторых регионах, например в Москве, есть бесплатная парковка для электромобилей.

Производство электромобилей (EV) проще, чем автомобилей с двигателями внутреннего сгорания, что приводит к повышению эффективности и экономичности. Россия обладает обширными запасами редких металлов, таких как никель и кобальт, которые необходимы для производства электромобилей, в то время как литий и медь могут поставляться из дружественных стран, что повышает потенциал местного производства. Инфраструктура электромобилей развивается в таких регионах, как Москва, Санкт-Петербург и Краснодар, и есть возможности для роста, обусловленного спросом. Однако существуют проблемы; решения для поездок на дальние расстояния, такие как мощные зарядные станции, непрактичны в России из-за огромных расстояний и недостаточной инфраструктуры электросетей. Следовательно, популярность электромобилей может ограничиваться крупными городами, что требует применения гибридных технологий в сельской местности. В целом, электромобили в первую очередь обладают потенциалом городской мобильности.

Источники

1. Развитие рынка электромобилей в России как необходимое условие получения выгод от глобального тренда на электрификацию транспорта / В. В. Семикашев, А. Ю. Колпаков, А. А. Яковлев, Й. К. Ростовский // Проблемы прогнозирования. – 2022. – № 3(192). – С. 52–63. – DOI 10.47711/0868–6351–192–52–63. – EDN YRSTXP.
2. Ростовский, Й. К. Экономический анализ рынков электромобилей в мире и крупнейших странах и регионах / Й. К. Ростовский // Научные труды: Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН. – 2020. – № 18. – С. 201–218. – DOI 10.47711/2076–318–2020–201–218.
3. Юсупова, И. В. Актуальная повестка развития зарядной инфраструктуры для транспортных средств с электродвигателями в России / И. В. Юсупова, А. Г. Арзамасова, Д. К. Селезнев // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2022. – № 3(66). – С. 123–136. – EDN DBOIUG.
4. Солнцева, А. А. Перспективы использования электромобилей / А. А. Солнцева, М. С. Коробий // Системный подход к рациональному природопользованию регионов России : Материалы научно–практической конференции, Туапсе, 10–13 декабря 2019 года / под ред. С.Н. Цай, Д.Е. Яйли. – Туапсе: Общество с ограниченной ответственностью "Издательский Дом – Юг", 2019. – С. 103–106.

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Аглям М.Р., Гиззатова И.Д.
ФГБОУ «КГЭУ», г. Казань, Россия
agl_marat@mail.ru, irina-zag@bk.ru

В данной статье автор рассказал об актуальности темы цифровой трансформации в энергетике. Изучил сущность цифровой трансформации энергетического сектора. Выделил ключевые технологии и инструменты цифровой трансформации в энергетике. Определил риски цифровой трансформации в энергетике.

Ключевые слова: цифровая трансформация, энергетика, инновационные решения, интернет вещей, умные счетчики.

Цифровая трансформация в энергетике стала ключевым фактором развития отрасли. Она обеспечивает бесперебойную работу предприятий и комфортные условия жизни. Однако традиционные модели энергоснабжения, основанные на централизованной генерации и линейных сетях, сталкиваются с рядом вызовов. Именно цифровизация в энергетической отрасли позволяет создать более гибкие, эффективные и устойчивые энергосистемы, которые могут адаптироваться к изменяющимся условиям и потребностям. Ключевые направления цифровой трансформации в энергетике:

1. Умная система энергии (интеллектуальная сеть) – это применение умных сетей для оптимизации передачи энергии, увеличения надежности и стабильности энергосистемы, а также интеграции возобновляемых источников энергии.

2. Умные приборы учета (интеллектуальный учет) – использование умных счетчиков электроэнергии, которые позволяют более точно и оперативно отслеживать потребление энергии, что способствует экономии затрат и оптимизации распределения ресурсов.

3. Интернет предметов (IoT) в сфере энергетики – применение умных устройств и сенсоров для мониторинга и управления различными аспектами энергосистемы, что повышает эффективность и надежность работы энергообъектов.

4. Аналитика и большие данные: использование методов анализа огромных объемов информации для оптимизации работы энергосистемы,

прогнозирования потребления энергии и выявления потенциальных проблем на ранней стадии их возникновения [4].

Умные сети представляют собой интеграцию информационных и коммуникационных технологий в традиционные энергетические системы. Они позволяют осуществлять мониторинг и управление потоками энергии в реальном времени. Например, компания Siemens внедрила систему управления умными сетями в Германии, что позволило сократить потери энергии на 15% и улучшить надежность поставок (Siemens AG, 2021) [5].

Другим перспективным направлением в области цифровой трансформации является внедрение устройств IoT. Они могут отслеживать использование энергии в домах и на предприятиях, что позволяет оптимизировать потребление. Примером является проект Enel X, который использует IoT-технологии для управления зарядными станциями для электромобилей, обеспечивая более эффективное распределение нагрузки [1].

Искусственный интеллект используется для прогнозирования спроса на энергию и оптимизации производственных процессов. Например, компания General Electric разработала AI-платформу Predix, которая анализирует данные с энергетических объектов и помогает в принятии решений по управлению активами [3].

Блокчейн-технологии находят применение в сфере учета и торговли энергией. Они обеспечивают прозрачность и безопасность сделок. Примером является проект Power Ledger в Австралии, который позволяет пользователям торговать избыточной солнечной энергией напрямую друг с другом без посредников.

В ходе исследования данной темы был проведен анализ существующих технологий и их влияния на устойчивое развитие энергетики. Особое внимание было уделено взаимодействию между различными технологиями, такими как IoT и AI, которые могут быть объединены для создания более эффективных систем управления электроэнергией.

Цифровая трансформация в энергетической отрасли России становится важным инструментом для повышения эффективности и устойчивости системы. Например, использование интеллектуальных счетчиков электроэнергии, таких как системы «умного» учета, позволяет потребителям и поставщикам энергоресурсов более эффективно управлять потреблением, предсказывая нагрузки на электроэнергетическую систему. Кроме того, реализация проектов по цифровизации на базе облачных

технологий открывает новые возможности для анализа и мониторинга состояния энергетической инфраструктуры в режиме реального времени.

В перспективе развитие цифровых технологий в российской энергетике может привести к интеграции возобновляемых источников энергии с уже существующими сетями, что сделает энергосистему более гибкой и адаптивной к изменениям потребления в будущем, что, в свою очередь, требует значительных инвестиций в развитие ИТ-инфраструктуры, а также кадровой подготовке специалистов в области цифровых технологий.

Цифровая революция в энергетике открывает уникальные возможности для создания более эффективных и устойчивых энергосистем. Ожидается, что к 2030 году доля возобновляемых источников энергии в мировом энергетическом балансе вырастет до 50%, а их надежность будет только увеличиваться.

Однако для преодоления всех возникающих трудностей и снижения рисков необходимо разрабатывать комплексные программы по внедрению новых решений, а также обеспечивать доступ к новым технологиям для всех слоев населения, проводить комплексные исследования, разрабатывать соответствующие регулирующие документы и инвестировать в энергетику, чтобы быть готовым ко всем современным вызовам.

Источники

1. Enel X. (2022). Internet of Things in Energy Management [Электронный ресурс]. <https://www.kingsresearch.com/Internet-of-Energy-iiot-market-471> (дата обращения 04.11.2024).
2. Электронное издание «НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ РОССИИ STRF.RU» [Электронный ресурс]. www.strf.ru/material.aspx?CatalogID=364 (дата обращения 04.11.2024).
3. General Electric. (2020). AI in Energy: The Future of Power Generation [Электронный ресурс]. <https://sustainabilitymag.com/esg/general-electric-successful-sustainability-initiatives> (дата обращения 04.11.2024).
4. Киреева Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий : учебное пособие // Э.А. Киреева.–2 изд., стер. М.:КНОРУС, 2023. С 368.
5. Siemens AG. (2021). Smart Grids: The Future of Energy Management [Электронный ресурс]. https://www.researchgate.net/publication/325742525SmartGridTheFutureoftheElectricEnergy_System (дата обращения 04.11.2024).

СОЦИАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАК РЕСУРС РАЗВИТИЯ СТУДЕНТОВ

Акбердин Н.Г.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

akberdin-2000@mail.ru

Науч. рук. доц. Ляукина Г.А.

В данной статье рассмотрена тема социального проектирования, и какие есть возможности благодаря нему у студентов. Социальное проектирование – важная часть образовательного процесса, направленная на решение социальных проблем. Оно развивает навыки планирования, командной работы, критического мышления и лидерства.

Ключевые слова: социальное проектирование, студенты, командная работа, лидерство, гражданская активность, личностное развитие, образовательный процесс, социальные проекты.

Социальное проектирование – это процесс создания и реализации социальных проектов, направленных на решение актуальных проблем общества. Оно представляет собой одну из форм активного участия молодежи в жизни общества. Социальное проектирование становится все более востребованным в образовательной среде, поскольку помогает будущим специалистам не только приобретать профессиональные знания, но и применять их на практике, решая реальные социальные задачи, развивая у студентов навыки планирования, командной работы, лидерства и ответственности [1].

Первое, что отличает социальное проектирование, – это акцент на решении конкретных проблем. В процессе обучения студенты часто сталкиваются с абстрактными задачами, которые не всегда имеют прикладное значение. Социальное проектирование, напротив, позволяет им работать над реальными кейсами, будь то проблемы экологии, улучшение городской среды, помощь социально уязвимым слоям населения или культурное просвещение [1]. Таким образом, студенты получают возможность увидеть результаты своей работы и ощутить, что их усилия важны и полезны для общества.

Особое значение имеет коллективный характер социальных

проектов. Студенты, работающие над проектом, учатся эффективно взаимодействовать в команде, делиться идеями, учитывать мнение других и приходить к консенсусу. Это важное умение, которое помогает в будущем успешно работать в любом коллективе. Кроме того, совместная работа над проектом позволяет участникам обмениваться знаниями и опытом, что способствует всестороннему развитию личности и расширению кругозора [2, 3].

Еще одним важным результатом социального проектирования является формирование у студентов умений определять цели, планировать этапы их достижения, распределять роли в команде и находить ресурсы для реализации своих идей. Это развивает организаторские и коммуникативные способности, критическое мышление, умение анализировать проблемы и предлагать эффективные пути их решения [4, 5]. Все эти умения и навыки являются незаменимыми для любой профессиональной сферы, от бизнеса и маркетинга до государственной службы и научной деятельности.

Социальное проектирование также выполняет функцию личностного развития. Оно мотивирует студентов проявлять инициативу, брать на себя ответственность за проект и его результат. Участие в подобных проектах позволяет молодежи лучше понять социальные процессы, существующие в обществе, осознать свои сильные и слабые стороны и работать над их совершенствованием [6]. Более того, проекты, нацеленные на помощь другим людям, способствуют развитию эмпатии, доброты и уважения к окружающим.

Не менее важно и то, что успешная реализация социальных проектов способствует росту гражданской активности студентов. Участвуя в таких проектах, они становятся более вовлеченными в жизнь своего города или района, понимают важность общественной деятельности и осознают свою роль в изменении мира к лучшему. Это, в свою очередь, может подтолкнуть молодых людей к дальнейшему участию в волонтерских движениях или политической жизни страны [7].

На сегодняшний день в российских и зарубежных вузах активно внедряются программы по поддержке студенческих социальных проектов. Это позволяет не только дать студентам необходимые знания и навыки, но и создать условия для их практической реализации. В университетах создаются специальные лаборатории и инкубаторы, где молодые люди могут разрабатывать и тестировать свои идеи, получать консультации от специалистов и находить единомышленников. Также проводятся конкурсы и грантовые программы, которые помогают найти финансирование для

наиболее успешных проектов [8].

Таким образом, социальное проектирование у студентов играет ключевую роль в формировании активной, ответственной и инициативной молодежи. Это не просто учебный процесс, а возможность внести реальный вклад в развитие общества, получив при этом ценный опыт и знания. Поддержка и развитие социальных проектов среди студентов является важным направлением работы образовательных учреждений, так как способствует развитию личности, формированию гражданской позиции и подготовке будущих специалистов, готовых к решению сложных социальных задач.

Источники

1. Макарова Р. Т. Технология социального проектирования // Инновационные проекты и программы в образовании. 2011. №1. 5–15 с.
2. Адлер Ю.П. Социальное проектирование: методологические основы и практическое применение. М.: Наука, 2020. 56–70 с.
3. Шульц М.В. Психологические аспекты командной работы при разработке социальных проектов. Новосибирск: Сибирское университетское издательство, 2020. 20 –31 с.
4. Еремина Л. И. Социальное проектирование в профессиональной подготовке студентов // Общество: социология, психология, педагогика. 2015. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sotsialnoe-proektirovanie-v-professionalnoy-podgotovke-studentov> (дата обращения: 01.11.2024).
5. Фёдорова Л.С. Развитие навыков проектной деятельности у студентов посредством участия в социальных проектах. // Вестник образования. 2023. №7. с. 85–92
6. Рыбальченко Ю. С. Социальное проектирование как средство социализации личности // Актуальные проблемы педагогики и психологии. 2023. №9. С.5–10
7. Колесников К.С. Формирование гражданской активности студентов через социальное проектирование. Казань: Университетская пресса, 2018. 110–130 с.
8. Лебедев В.В. Социальное проектирование и его роль в профессиональном образовании. // Педагогика. 2021. №4. с. 45–52.

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ НАУЧНО–ТЕХНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ УНИВЕРСИТЕТА

Аксенова Д.В.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

aksenovadasha10@gmail.com

Науч. рук. доц. Завада Г.В.

Данный материал посвящен исследованию проблем организации научной деятельности в университетах в контексте современной модели управления процессом. В статье обсуждаются планирование и управление исследовательскими процессами на уровне институтов университета, преподавателей кафедр, аспирантов и студентов.

Ключевые слова: научная деятельность, управление, высшее образование, мотивация исследовательской деятельности, организация и планирование научных исследований.

В российском законодательстве существует понятие «научная (научно–исследовательская) деятельность», которое определяется как процесс получения и использования новых знаний [1]. Фундаментальные научные исследования направлены на изучение основ строения, функционирования и развития человека, общества и окружающей среды. Прикладные научные исследования применяют новые знания для решения практических задач. Поисковые научные исследования проводятся с целью получения новых знаний и их последующего применения.

Научно–исследовательская деятельность (НИД) преподавателя вуза является важной составляющей его профессиональной деятельности, наряду с учебной, методической, организационной и воспитательной работой [2]. Она включает в себя принципы обучения через исследование и исследования для обучения, что отличает ее от НИД в академических учреждениях. Преподаватели вузов должны сочетать в себе мотивированность, компетентность, активность и творческий подход к различным аспектам своей работы, включая учебную, методическую, воспитательную и иногда административную деятельность, а также обладать необходимыми ресурсами и поддержкой для успешного выполнения своих обязанностей. Важно учитывать специфику и особенности НИД в университетах, а также возможность сотрудничества и координации с другими видами деятельности педагогов [3].

Поэтому задачей руководства вуза является создание благоприятных условий для осуществления научно–исследовательской деятельности, обеспечение её необходимыми ресурсами. Важна организационная, педагогическая, психологическая, методическая, финансовая и иная поддержка преподавателей, активно занимающихся научной деятельностью и демонстрирующих в ней высокую результативность [4].

Многие преподаватели сталкиваются с трудностями при планировании, организации и проведении научно–исследовательской деятельности. Эти проблемы могут быть разнообразными, но большинство из них возможно преодолеть благодаря системе организационно–педагогического сопровождения преподавателей в ходе научной работы. Такое сопровождение должно быть индивидуальным, но также важно систематически обобщать и анализировать зоны наибольшего сосредоточения проблем, что должно способствовать выявлению наибольших трудностей у преподавателей в рамках научно–исследовательской деятельности.

Анализ ряда исследований позволяет выделить ключевые проблемы, которые возникают при управлении научно–исследовательской деятельности: отсутствие четкой стратегии, что приводит к неэффективному распределению ресурсов, при этом цели исследований остаются размытыми; недостаточное финансирование может привести к замедлению темпов работы, снижению качества исследований и даже к прекращению проектов; часто сложной оказывается проблемы координации участников, особенно если участники находятся в разных организациях или географических регионах; низкая мотивация сотрудников может привести к ухудшению качества исследований и увеличению сроков выполнения работ [5]. Отсюда подтверждается актуальность проблемы процесса управления процессом научно–технической деятельности преподавателя вуза.

Важно подчеркнуть, что научные достижения, полученные в результате работы кафедр вуза, в итоге становятся основой для разработки методических материалов и применяются в процессе обучения. Это позволяет повысить эффективность преподавания и качество подготовки студентов разных уровней – от бакалавриата до аспирантуры. Следовательно, эффективное управление научными исследованиями является первостепенной задачей для руководства вуза на всех уровнях. Это подразумевает планирование, организацию, контроль, координацию и стимулирование научных работ: на уровне всего университета; в рамках отдельных институтов внутри университета; на кафедрах преподавателей; среди аспирантов и студентов.

Источники

1. Федеральный закон РФ от 23 августа 1996 г. N 127–ФЗ (ред. от 23.05.2016) «О науке и государственной научно–технической политике» (с изм. и доп., вступающими в силу с 01.01.2017).
2. Матушанский, Г. У. Преподаватель высшей школы: моделирование деятельности и личности / Г. У. Матушанский. Казань : Казанский государственный энергетический университет, 2017. 118 с.
3. Амиралиев М.Г., Борисова Л.А. Современные проблемы и тенденции развития научно–исследовательской деятельности предприятий // Успехи современного естествознания. 2007. № 11. С. 80–82.
4. Манузина Е. Б. Управление научно–исследовательской деятельностью преподавателей гуманитарного вуза // Материалы XIV Всероссийской науч.–практ. конф. «Развитие личности в образовательном пространстве». Бийск: Алтайский гос. гуманитарно–пед. ун–т имени В. М. Шукшина, 2016. С. 39–46.
5. Фоломеев, Ю.Н. Проблемы характеристики научно–исследовательской деятельности / Ю.Н. Фоломеев, Т.В. Фоломеева // Человеческий капитал: электронный журнал. URL: <https://humancapital.su/publikacii/vypusk-12-132-2019/>. Дата публикации: 10.12.2019.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОДАЖ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ В РОССИИ В 2022-2024 гг.

Арзамасов Д.Е.¹, Арзамасова А.Г.², Юсупова И.В.³, Селезнев Д.К.⁴

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

³ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань, Россия

⁴ФГБОУ ВО «КНИТУ-КХТИ», г. Казань, Россия

davarzam1@mail.ru, selez2009.li@yandex.ru, bigbossutrinis229@gmail.com

Электромобили (ЭМ) представляют собой один из наиболее перспективных сегментов автомобильной индустрии в условиях глобальных трендов на устойчивость и снижение углеродного следа. В данной статье рассматриваются тенденции продаж электромобилей в России и Республике Татарстан в 2022 - 2024 годах, а также уделяется внимание наиболее популярным маркам, покупаемым как физическими, так и юридическими лицами.

Ключевые слова: электромобиль, зарядные станции, гибридные автомобили, рынок электромобилей.

К 2022 году рынок электромобилей в России начал демонстрировать положительные тренды благодаря существенной государственной поддержке [1, 2] и стратегическим инициативам [3]. Впервые за долгое время наблюдался рост интереса со стороны потребителей, как к электрическим, так и гибридным автомобилям [4, 5]. Россия зафиксировала продажи около 12,5 тысячи электромобилей, что соответствует росту на 57% по сравнению с 2021 годом. Основными факторами увеличения спроса стали государственные программы и субсидии на покупки и установку зарядной инфраструктуры [6].

Аналитические прогнозы на 2023 год предсказывали продолжение роста рынка на 25-30%. Ожидалось, что продажи электромобилей достигнут 16-17 тысяч автомобилей. И запланированные мероприятия по расширению сети зарядных станций, повысят доступность ЭМ. Прогнозы частично оправдались. В России по итогам 2023 года, по данным АО «Паспорт промышленный консалтинг» (совместное предприятие «Автостата» и системы электронных ПТС), опубликованным Минпромторгом, продали порядка 14900 автомобилей [7].

Так же, согласно данным АО ППК по регистрациям транспортных средств, в 2024 году продажи всех новых (в возрасте до 3 лет)

электромобилей в РФ выросли относительно 2023 года на 31% и составили 19 390 единиц электротранспортной техники. А, продажи легковых электромобилей - на 26,4% и достигли 17 805 единиц электромобилей. [8]

Популярные марки электромобилей в России

Бренд	Продажи в России		
	2022 г.*	2023 г.	2024 г.
Zeekr	-	3724	7623
Москвич	-	> 1500	1796
Evolute	252	2020	1226
Volkswagen	435	2000	1012
Tesla	991	1257	685
Итого проданных электромобилей	2998	14089	17805

* Zeekr и Москвич - продажи данных брендов электромобилей в России начались с конца 2022 года, начала 2023 года.

Модели электромобилей:

1. Модельный ряд Zeekr 2024 года включает четыре электрокара: лифтбек 001, компактный кроссовер X, полноразмерный вэн 009 и седан 007;
2. Москвич представлен моделью электрокроссовера «Москвич 3е»;
3. Модельный ряд Evolute представлен Evolute I-pro и Evolute I-joy прекрасно зарекомендовавшими себя на дорогах страны.
4. Tesla - один из самых популярных и узнаваемых брендов электромобилей. Модели Tesla (Model 3, Model S, Model X и Model Y) пользуются высоким спросом среди россиян, особенно в крупных городах;
5. Популярным электромобилем в России Volkswagen стал Volkswagen ID.4

В России электромобили в основном покупают физические лица, однако рынок корпоративных клиентов тоже значительно растет. Юридические лица так же проявляют больший интерес к электромобилям и электротранспорту, особенно в таких секторах, как такси и доставки [9].

Рынок электромобилей в России показывает положительные тенденции роста, которые обусловлены поддержкой государства, развитием инфраструктуры и растущим интересом со стороны граждан. В условиях глобальных усилий по декарбонизации транспорта, рынок ЭМ в России, безусловно, будет продолжать развиваться в положительном ключе.

Источники

1. Навигатор мер поддержки электротранспорта [Электронный ресурс] https://www.economy.gov.ru/material/directions/navigator_mer_podderzhki_elektrotransporta/ (дата обращения 22.10.2024 г.)
2. Справочная информация о ставках и льготах по имущественным налогам [Электронный ресурс] URL: <https://www.nalog.gov.ru/rn77/service/tax/> (дата обращения 22.10.2024 г.)
3. Велюго, Ю. Политика развития электротранспорта в России / Ю. Велюго, А. Г. Арзамасова // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике: Материалы Международной молодежной научно-практической конференции, посвященной 55-летию КГЭУ, Казань, 08–10 ноября 2023 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2024. – С. 451-453. – EDN NKM GOL.
4. Дилеры рассказали о рекордном спросе на электромобили [Электронный ресурс] URL: <https://rg.ru/2023/07/21/dilery-rasskazali-o-rekordnom-sprose-na-elektromobili.html> (дата обращения 6.03.2025 г.)
5. Рынок электромобилей в России. Итоги 2023 [Электронный ресурс] URL: <https://mag.auto3n.ru/rynok-elektromobilej-v-rossii-itogi-2023/> (дата обращения 6.03.2025 г.)
6. Юсупова, И. В. Актуальная повестка развития зарядной инфраструктуры для транспортных средств с электродвигателями в России / И. В. Юсупова, А. Г. Арзамасова, Д. К. Селезнев // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2022. – № 3(66). – С. 123-136. – EDN DBOIUG.
7. Продажи электромобилей в мире выросли в 2023 году на 31% [Электронный ресурс] URL: <https://www.forbes.ru/biznes/504060-prodazi-elektromobilej-v-mire-vyrosli-v-2023-godu-na-31> (дата обращения 6.03.2025 г.)
8. Рынок электромобилей в РФ: итоги и прогнозы [Электронный ресурс] URL: <https://ev-start.ru/reviews/rynok-elektromobilej-v-rf-itogi-i-prognozy/> (дата обращения 6.03.2025 г.)
9. Рахимкулова, С. Р. Электросамокаты как инструмент коммерческой микромобильности в крупных городах / С. Р. Рахимкулова // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике: Материалы Международной молодежной научно-практической конференции, посвященной 55-летию КГЭУ, Казань, 08–10 ноября 2023 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2024. – С. 585-589. – EDN DJLXJQ.

ПОЛИТИКА РАЗВИТИЯ РЫНКА ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ В РОССИИ

Арзамасов Д.Е.¹, Юсупова И.В.², Селезнев Д.К.³

¹ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

²ФГБОУ ВО «КНИТУ-КАИ», г. Казань, Россия

³ФГБОУ ВО «КНИТУ-КХТИ», г. Казань, Россия

davarzam1@mail.ru, selez2009.li@yandex.ru, bigbossutrinis229@gmail.com

Науч. рук. доц. Арзамасова А.Г.

Политика развития рынка электромобилей в России на современном этапе включает в себя несколько ключевых аспектов, направленных на стимулирование производства, продаж и использования электромобилей. В статье рассмотрены основные аспекты и текущее состояние рынка.

Ключевые слова: электромобиль, политика продаж,

Рынок электромобилей в России набирает популярность, и ведущее значение при этом имеет поддержка со стороны государства через различные программы:

1. Государственная поддержка: Одним из основных факторов, способствующих развитию рынка электромобилей в России, является государственная поддержка. Введение субсидий на покупку электромобилей, налоговых льгот для владельцев и производителей, а также программы утилизации старых автомобилей помогают сделать электромобили более доступными.

2. Инфраструктура зарядных станций: Развитие сети зарядных станций – ключевой фактор для популяризации электромобилей. В крупных городах уже началось активное строительство зарядной инфраструктуры, однако в регионах ситуация остается сложной [1, 2]. Государственные программы и частные инвестиции направлены на расширение этой сети [3].

3. Производство электромобилей: В России наблюдается рост интереса со стороны автопроизводителей к выпуску электромобилей. Крупные компании, такие как АвтоВАЗ, ГАЗ, Evolute, «Москвич», Автотор, «Электромобили Мануфэкчуринг Рус», и другие, начали разработку и производство электромобилей, что подчеркивает стремление страны к развитию собственных технологий.

4. Технологические инициативы: Россия активно участвует в международных технологических инициативах, направленных на разработку новых технологий в области аккумуляторов, зарядных станций и интеллектуальных транспортных систем. Это может привести к росту инноваций и повышению конкурентоспособности местных производителей.

5. Экологическая политика: Увеличение уровня загрязнения воздуха в городах и необходимость выполнения международных экологических обязательств также побуждает государство к активному продвижению электромобилей как одного из решений экологических проблем.

6. Проблемы и вызовы: Несмотря на позитивные тенденции, рынок электромобилей в России сталкивается с рядом проблем. К ним относятся высокие начальные затраты на приобретение электромобилей, недостаточная развита зарядная инфраструктура, а также опасения пользователей о ресурсе батарей и их замене.

Что касается инфраструктуры зарядных станций, то необходимо отметить, что происходит;

- увеличение количества зарядных станций - имеются как быстрые (скоростные), так и обычные зарядные станции;

- доступность - зарядные станции устанавливаются в общественных местах, на парковках торговых центров, администрациях и крупных офисах, что делает их доступными для владельцев электромобилей;

- проекты и инициативы - правительство и частные компании активно работают над развитием сети электрозарядных станций. Реализуются программы, направленные на стимулирование перехода на электромобили [4];

- разработка карт зарядных станций – создаются различные мобильные приложения и веб-сайты, где можно найти информацию о расположении электрозаправочных станций, состоянии зарядки и типах используемых разъемов;

- инвестирование в инфраструктуру - ожидается, что в будущем число электрозаправочных станций в России будет расти, в том числе благодаря привлечению инвестирования, как со стороны государства, так и частного сектора. Размер субсидии на установку зарядной станции для электромобилей (для ИП и юридических лиц) максимально можно получить 2 760 000 рублей: 60%, но не более 1 860 000 рублей на покупку ЭЗС и 30%, но не более 900 000 рублей на технологическое присоединение [5].

В ближайшие годы ожидается дальнейший рост рынка электромобилей в России за счет улучшения государственной политики, развития инфраструктуры и технологий, а также повышения осведомленности и интереса со стороны потребителей.

Таким образом, рынок электромобилей в России продолжает развиваться, однако для достижения значительных успехов необходимо преодоление ряда вызовов и активное сотрудничество между государством, производителями и потребителями.

Источники

1. Велюго, Ю. Политика развития электротранспорта в России / Ю. Велюго, А. Г. Арзамасова // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике : Материалы Международной молодежной научно-практической конференции, посвященной 55-летию КГЭУ, Казань, 08–10 ноября 2023 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2024. – С. 451-453. – EDN NKM GOL.
2. Гурьянов, С. Г. Развитие рынка и популяризация электромобилей в крупных городах / С. Г. Гурьянов, Р. Ф. Шаихов // Химия. Экология. Урбанистика. – 2022. – Т. 3. – С. 197-201. – EDN JOQXGX.
3. Юсупова, И. В. Актуальная повестка развития зарядной инфраструктуры для транспортных средств с электродвигателями в России / И. В. Юсупова, А. Г. Арзамасова, Д. К. Селезнев // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2022. – № 3(66). – С. 123-136. – EDN DBOIUG.
4. 8 актуальных вопросов о субсидии на зарядную станцию для электромобилей. Открытие своей электрозаправки [Электронный ресурс]: <https://electro.cars/tpost/tj1yjio4u1-8-aktualnih-voprosov-o-subsidii-na-zarya> (Дата обращения 02.02. 2025)
5. «Быстро» зарядные станции [Электронный ресурс]: https://www.economy.gov.ru/material/directions/navigator_mer_podderzhki_elektrotransporta/bystro_zaryadnye_stancii/ (Дата обращения 02.02. 2025)

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И МЕХАНИЗМЫ СТИМУЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

Ахметьянова Д. И., Филина О.В.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
dnkllvvv@yandex.ru

В статье рассматриваются экономические модели и механизмы стимулирования энергоэффективности в условиях перехода к "зеленой" экономике. Анализируются основные проблемы, связанные с низкой энергоэффективностью, и предлагаются инструменты для ее повышения, включая экономические стимулы, правовые и информационные меры. Особое внимание уделяется роли государственного регулирования, включая налоговые льготы, субсидии, стандарты потребления энергии и экологические сертификаты.

Ключевые слова: энергоэффективность, экономические модели, механизмы стимулирования, государственное регулирование, "зеленая" экономика.

Повышение энергоэффективности является ключевым фактором устойчивого экономического развития. Снижение энергопотребления позволяет сократить выбросы парниковых газов, снизить зависимость от импорта энергоносителей, повысить конкурентоспособность экономики и создать новые рабочие места в сфере "зеленых" технологий.

Существует множество экономических моделей и механизмов, которые могут быть использованы для стимулирования энергоэффективности. К основным относятся:

1. Государственное регулирование:

Налоговые льготы: Снижение налогов для предприятий, которые инвестируют в энергоэффективность, позволяет сократить их затраты и повысить привлекательность таких инвестиций [1].

Субсидии: Предоставление государственных субсидий на покупку энергоэффективного оборудования или проведение энергоаудитов помогает снизить начальные затраты для предприятий и стимулирует внедрение энергосберегающих технологий.

Стандарты потребления энергии: Установление стандартов потребления энергии для различных видов продукции и оборудования создает условия для повышения энергоэффективности производства и потребления [5].

Экологические сертификаты: Введение экологических сертификатов для энергоэффективной продукции помогает потребителям сделать осознанный выбор и стимулирует производителей к повышению энергоэффективности.

2. Рыночные механизмы:

Цены на энергию: Повышение цен на энергию стимулирует потребителей к снижению энергопотребления и делает инвестиции в энергоэффективность более привлекательными [2].

Торговля квотами на выбросы: Введение системы торговли квотами на выбросы парниковых газов позволяет предприятиям сокращать выбросы и получать финансовую выгоду от продажи неиспользованных квот.

Энергетические контракты: заключение энергетических контрактов, которые предусматривают оплату не за потребленное количество энергии, а за ее эффективное использование.

3. Информационные меры для стимулирования энергоэффективности:

Просвещение и обучение: Повышение осведомленности: Широкое распространение информации о преимуществах энергоэффективности – как для общества в целом, так и для каждого человека, а также о доступных способах сократить энергопотребление [4].

Образование и профессиональная подготовка: Специальные программы обучения для специалистов в области энергоэффективности, направленные на повышение их квалификации и развитие компетенций в сфере энергосбережения.

4. Модели финансирования:

Зеленые облигации: Выпуск зеленых облигаций, которые привлекают инвестиции в проекты по энергоэффективности и возобновляемой энергетике [3].

Энергетические сервисные компании (ESCO): ESCO предлагают услуги по повышению энергоэффективности зданий и предприятий, вкладывая свои средства в модернизацию и получая оплату за фактическое снижение потребления энергии.

5. Нефинансовые инструменты:

Экологические стандарты: внедрение стандартов энергоэффективности, которые будут обязательными для всех участников рынка [2].

Стимулирование инноваций: государственная поддержка разработки и внедрения новых энергосберегающих технологий и материалов.

Энергоэффективность – это не только экологическая, но и экономическая необходимость. Она сокращает выбросы, снижает зависимость от импорта, повышает конкурентоспособность и создает новые рабочие места. Стимулирование энергоэффективности требует комплексного подхода.

Статья рассматривает пять основных групп инструментов:

- Государственное регулирование: налоговые льготы, субсидии, стандарты потребления энергии, экологические сертификаты.
- Рыночные механизмы: повышение цен на энергию, торговля квотами на выбросы, энергетические контракты.
- Информационные меры: просвещение, обучение, повышение осведомленности, специализированные программы обучения.
- Модели финансирования: зеленые облигации, ESCO.
- Нефинансовые инструменты: экологические стандарты, стимулирование инноваций.

Важно сочетать все группы инструментов для достижения максимальной эффективности. Статья предоставляет ценную информацию о механизмах стимулирования энергоэффективности, которая может быть использована при разработке национальных и региональных стратегий по переходу к "зеленой" экономике.

Источники

1. Energy efficiency: A policy primer. International Energy Agency, 2021. [Электронный ресурс]. <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-a-policy-primer> (дата обращения: 15.10.2024).

2. Экономические аспекты энергосбережения: Сборник статей. / Под ред. А.Д. Абрамова. — М.: Институт экономики РАН, 2019. — 189 с. (дата обращения: 18.10.2024).

3. Кузнецова О.А., Кузнецова А.В. Энергетическая эффективность в контексте зеленого развития // Экономика и предпринимательство. — 2022. — № 2. — С. 118–123 (дата обращения: 21.10.2024).

4. The Economics of Energy Efficiency. / OECD Observer. — 2022. — No. 390. [Электронный ресурс]. <https://www.oecd.org/environment/the-economics-of-energy-efficiency.htm> (дата обращения: 23.10.2024).

5. The Role of Government in Energy Efficiency. / International Energy Agency. — 2020. [Электронный ресурс]. <https://www.iea.org/reports/the-role-of-government-in-energy-efficiency> (дата обращения: 23.10.2024).

ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА ЭКОНОМИКУ И ТРАНСФОРМАЦИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Башкирова А. П.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

annabasch1@mail.ru

Науч. рук. доц. Дубровская Е. С.

Данная статья посвящена анализу воздействия искусственного интеллекта (ИИ) на энергетический сектор и экономику государства. Рассматриваются ключевые направления применения ИИ в энергетике, а также его экономические и социальные последствия. Раскрываются риски и трудности, возникающие в процессе адаптации новых технологий в энергетической отрасли.

Ключевые слова: искусственный интеллект, экономика, энергетика, цифровизация, машинное обучение, предсказательная аналитика, интеллектуальные энергосети.

Искусственный интеллект (ИИ) оказывает огромное влияние на экономику и трансформации в энергетическом секторе, благодаря внедрению инновационных технологий, которые оптимизируют большинство процессов и повышают эффективность [1]. По данным Международного союза электросвязи (МСЭ), ИИ объединяет ряд технологий, включая машинное обучение, которые могут быть использованы для решения задач в области энергетики, таких как управление энергопотреблением, прогнозирование спроса и мониторинг состояния оборудования. С прогнозируемым приростом мирового ВВП на 1,2% к 2030 году благодаря внедрению ИИ, трансформация энергетического сектора будет не только улучшать производственные показатели, но и изменять структуру рынка труда, требуя от работников новых навыков и адаптации к нововведениям [2]. ИИ не только ускоряет процессы автоматизации в энергетике, но и создает новые экономические возможности, способствует более устойчивому развитию сектора и повышает его конкурентоспособность на глобальном уровне.

ИИ оказывает многогранное влияние на энергетический сектор, рассмотрим основные направления его применения:

Предсказательная аналитика — ИИ использует алгоритмы машинного обучения для прогнозирования энергетических потребностей

на основе исторических данных, климатических условий и потребительского поведения. Это позволяет рационально управлять генерацией и распределением энергии, снижать затраты и минимизировать риски избыточного потребления ресурсов.

Интеллектуальные энергосети (smart grids) — использование ИИ в умных сетях позволяет динамически регулировать подачу энергии в зависимости от текущего спроса, интегрировать возобновляемые источники энергии и уменьшить потери при передаче энергии [3]. Такие сети способны адаптироваться к изменениям в режиме реального времени и оптимизировать использование ресурсов.

Кроме того, алгоритмы ИИ позволяют разработать стратегии управления энергопотреблением на уровне как отдельных домовладений, так и целых регионов. Например, ИИ может регулировать потребление энергии в домах с помощью интеллектуальных термостатов и других устройств, реагирующих на изменения цены или доступности электроэнергии.

Внедрение ИИ-систем приводит к существенному сокращению операционных расходов за счет автоматизации процессов и уменьшения необходимости в ручном труде. Прогнозы показывают, что использование ИИ может снизить расходы энергетических компаний на 15–20%, что в свою очередь сказывается на конечных потребителях, снижая стоимость электроэнергии [4]. Также, ИИ способствует ускорению процесса перехода к зеленой экономике. Использование технологий машинного обучения и больших данных позволяет интегрировать возобновляемые источники энергии, такие как солнечные и ветряные станции, в общую сеть [5]. Это приводит к снижению углеродного следа, создает новые рабочие места и открывает возможности для инвестиций.

Но, несмотря на большие преимущества, внедрение ИИ в энергетическую отрасль сопряжено и с большими рисками. Например, по мере увеличения количества подключенных устройств и систем возрастает угроза кибератак. Это делает энергетические сети более уязвимыми для злоумышленников. Помимо этого, страны с высокими технологическими возможностями будут получать больше экономических выгод от внедрения ИИ в энергетику, тогда как только развивающиеся государства могут отставать. На глобальном уровне это может усилить экономическое неравенство.

Таким образом, искусственный интеллект является важным инструментом для улучшения работы энергетического сектора. Его внедрение способствует повышению эффективности, снижению затрат и

ускорению перехода к более устойчивым источникам энергии. Однако необходимо учитывать риски, связанные с безопасностью и социальными изменениями. Эффективная интеграция ИИ в энергетику может привести к значительным экономическим и экологическим выгодам как на национальном, так и на глобальном уровне.

Источники

1. Жигалов, В. И. Экономика инноваций и развитие в современном мире / В. И. Жигалов, М. В. Соколова. – Москва : Издательский дом «НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА», 2024. С. 392.
2. Оценка влияния искусственного интеллекта на экономику/ «Фонд Росконгресс» URL: <https://roscongress.org/materials/otsenka-vliyaniyaiskusstvennogo-intellekta-na-ekonomiku> (дата обращения: 18.10.2024).
3. История искусственного интеллекта / «Livejournal». URL: <https://it-region.livejournal.com/2614808.html> (дата обращения: 24.10.2024).
4. Министерство энергетики Российской Федерации (2020). Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1026> (дата обращения: 20.10.2024).
5. Бобылев, С. Н. "Зеленая" экономика и модернизация. Эколого–экономические основы устойчивого развития / С. Н. Бобылев, В. М. Захаров // На пути к устойчивому развитию России: бюллетень. – 2012. – № 60. – С. 43.

ИНТЕРАКТИВНАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «БАЗА ДАННЫХ» НА ПРИМЕРЕ MICROSOFT TEAMS

Вафина В. В.¹, Будникова И. К.²

¹ ЧОУ ВО "КИУ имени В. Г. Тимирязова (ИЭУП)", г.Казань, Россия

² ФГБОУ ВО «КГЭУ», г.Казань, Россия²

astfee@mail.ru, ikbudnikova@yandex.ru

В статье затронута тема использования интерактивных образовательных платформ, таких как Microsoft Teams, для обучения базам данных. Рассмотрено несколько возможностей обучения, которые помогут вовлечь студентов в учебный процесс и заинтересовать предметом

Ключевые слова: интерактивная платформа, база данных, образовательная программа.

С развитием технологий и увеличением объема данных, умение работать с базами данных становится неотъемлемой частью профессиональной подготовки студентов в различных областях [1]. Интерактивные платформы для обучения, такие как Microsoft Teams, предоставляют новые возможности для реализации образовательных программ. В данной статье мы рассмотрим, как Microsoft Teams может быть использован для обучения базам данных, а также обсудим возможности, связанные с этой платформой.

Возможности Microsoft Teams для обучения:

1. Интерактивные занятия Microsoft Teams позволяют организовывать обучения с использованием видеоконференций (рис.1), где преподаватели могут делиться изображением экрана, демонстрируя работу с базами данных в реальном времени [2]. Это создает возможность для живого взаимодействия между преподавателем и студентами, что способствует более глубокому усвоению материала.

2. Совместная работа. Платформа поддерживает функции совместной работы, позволяя студентам работать в группах над проектами и заданиями.

3. Геймификация и вовлеченность. Microsoft Teams предоставляет интеграцию с различными приложениями и инструментами, которые могут быть использованы для геймификации учебного процесса [3].

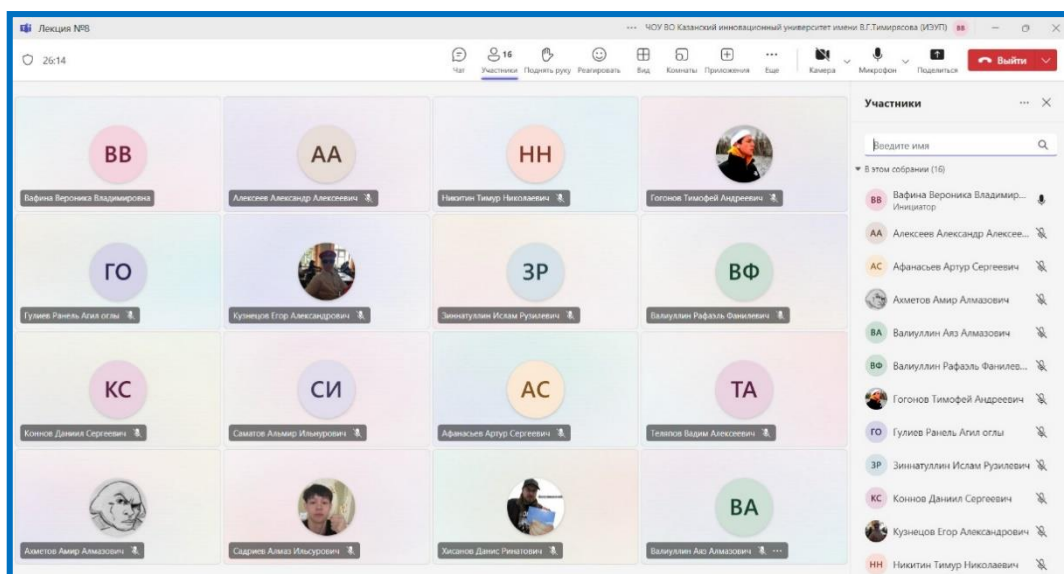


Рис. 1. Экран присутствующих на интерактивном занятии

4. Доступ к ресурсам. С помощью Microsoft Teams преподаватели могут легко делиться учебными материалами, включая видеоуроки, статьи и примеры кода.

5. Обратная связь и оценка Microsoft Teams позволяет организовать автоматизированную систему оценки, где студенты могут получать мгновенную обратную связь по выполненным заданиям [4]. Кроме того, можно в любое время обратиться к преподавателю для разъяснения изучаемого материала (рис.2).

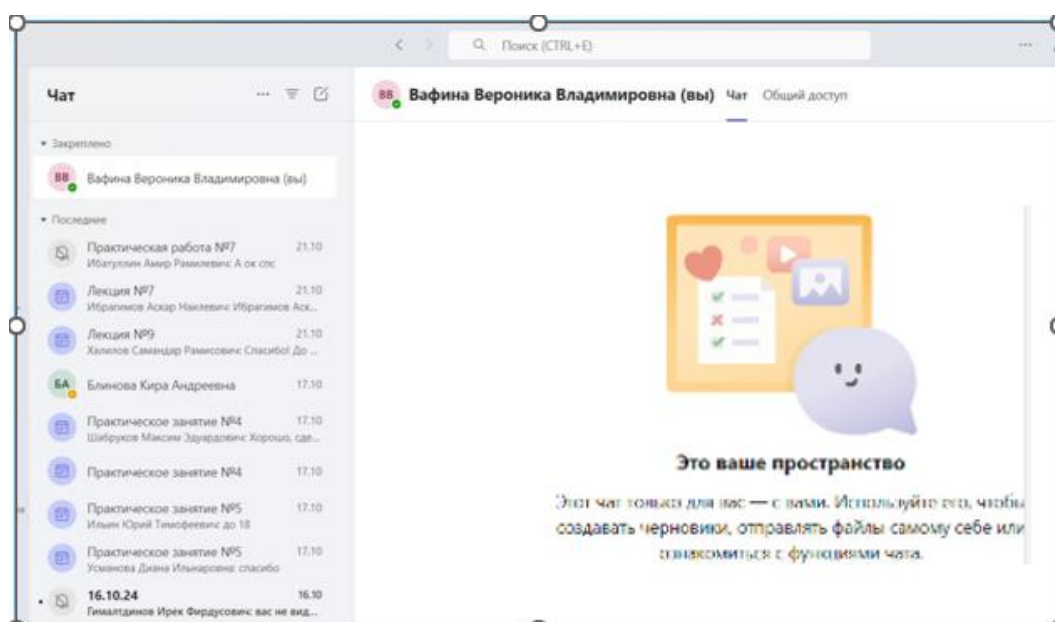


Рис. 2. Обратная связь со студентами

Интерактивная платформа, такая как Microsoft Teams, открывает новые горизонты для обучения базам данных, предлагая множество возможностей для интерактивного взаимодействия, совместной работы и доступа к цифровым ресурсам [5–7].

Для успешного внедрения Microsoft Teams в образовательный процесс рекомендуется обеспечить доступ к необходимым ресурсам и создать возможности для взаимодействия между студентами и преподавателями.

Таким образом, Microsoft Teams может стать важным инструментом в обучении базам данных, способствуя формированию квалифицированных специалистов в этой области.

Источники

1. Захарова, Л. Н. Образовательные технологии: от традиционных к интерактивным. //Современные проблемы науки и образования. 2019. Т. 2. С. 23–27.
2. Лебедев, С. А. Применение дистанционных технологий в обучении базам данных. // Информационные технологии и образование. 2020. Т 1. С. 56–62.
3. Коваленко, Е. А. Геймификация в обучении: как сделать процесс увлекательным. // Педагогические технологии в образовании. 2021. Т. 3. С. 34–40.
4. Петрова, А. В. Эффективность использования Microsoft Teams в образовательном процессе. // Научные исследования в образовании. 2021. Т. 2. С. 15–20.
- 5 Будникова И.К. Инструменты дистанционного обучения // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно–энергетическом комплексе и жилищно–коммунальном хозяйстве: матер VI Национальной научно–практической конференции. Казань 2020. С. 119–121.
6. Будникова И.К. Интеграция электронного образовательного ресурса нового поколения и цифровых технологий // Внедрение научных исследований в образовательный процесс вуза: матер. II Междунар. Круглого стола, посвящ. Дню преподавателя высшей школы. Казань. 2023. С. 128 –131.
7. Будникова И.К. Практика применения цифрового следа в образовательном процессе // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно–энергетическом комплексе и жилищно–коммунальном хозяйстве. матер. VIII Национальной научно–практической конференции. Казань. 2022. С. 337–391.

ЛОГИСТИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ СОВРЕМЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Гаджиева З.Е.

Сумгаитский государственный университет, г. Сумгаит, Азербайджан

hasiyeva-zulfiyye@inbox.ru

В настоящее время эффективное управление логистикой стало неизбежной необходимостью для бизнеса для получения и поддержания конкурентного преимущества. Логистика включает в себя такие элементы, как управление цепочками поставок, контроль запасов, транспортировку, хранение и распределение, и эффективное управление этими элементами может повысить операционную эффективность бизнеса. Эффективное управление цепочками поставок имеет решающее значение для бизнеса, чтобы выйти на растущие рынки и добиться успеха в глобальной конкурентной среде. Логистика должна быть интегрирована на каждом этапе цепочки поставок. Быстрая доставка, точное управление запасами и надежные логистические услуги важны для повышения удовлетворенности клиентов. В данной статье рассмотрено понятие логистики, дана характеристика, выявлены особенности логистики в современных условиях.

Ключевые слова: логистика, эффективное управление, бизнес, конкурентная среда, предприятия.

Логистическое развитие современных предприятий остается крайне актуальной темой в бизнес-среде. В условиях быстрого технологического прогресса, увеличения мировой конкуренции и изменения потребительских предпочтений, эффективная логистика становится ключевым фактором успеха для многих компаний. Современные предприятия все чаще работают на мировом уровне, и это требует слаженной и эффективной логистики для обеспечения поставок сырья, готовой продукции и услуг в различные точки планеты. Цепочки поставок становятся все сложнее из-за разветвленности производств, поставщиков и дистрибьюторов. Управление этими сложными структурами требует новых логистических подходов и технологий. Внедрение новых технологий, таких как интернет вещей (IoT), искусственный интеллект (ИИ) и автоматизация, меняет логистические процессы, делая их более эффективными и отзывчивыми. Современные потребители ожидают быстрых и надежных поставок. Логистика становится ключевым элементом в удовлетворении этих ожиданий, особенно в сфере электронной

коммерции.

Существует несколько видов логистики, каждый из которых имеет свои особенности и цели. Транспортная логистика ориентирована на доставку грузов с минимальными затратами и максимальной безопасностью, включая функции выбора транспорта, маршрутизации и контроля перевозки. Закупочная логистика отвечает за обеспечение бизнеса необходимыми материалами, включая выбор поставщиков, планирование графиков поставок и контроль качества товаров. Информационная логистика ориентирована на развитие систем передачи информации между различными участниками процесса, включая сбор, анализ, распространение и обработку данных. Производственная логистика оптимизирует движение материалов и готовой продукции на протяжении всего производственного цикла, включая планирование производственных операций и контроль сроков. Дистрибьюторская логистика занимается распределением товаров от поставщиков до конечных потребителей, включая выбор каналов сбыта и оптимизацию перевозок.

Складская логистика отвечает за хранение готовой продукции, учет товаров на складах, выполнение заказов, организацию приема и транспортировки товаров. Таможенная логистика обеспечивает соблюдение правовых норм при ввозе и вывозе товаров, включая подготовку необходимых документов, страхование грузов и заключение договоров.

Развитие логистики, наряду со стремлением компаний сократить временные и денежные затраты, связано со следующими факторами:

Сложность системы рыночных отношений: Смена рыночной парадигмы с рынка продавца на рынок покупателя требует более эффективного управления процессом распределения товаров. Постоянно меняющиеся потребности и предпочтения потребителей требуют более гибкого и точного подхода к логистике.

Создание гибких производственных систем. Логистика стала ключевым элементом в создании гибких и адаптивных производственных систем. Это позволяет компаниям эффективно реагировать на изменения спроса и предложения, быстро адаптируясь к изменениям рынка без существенных потерь времени и ресурсов [3, с.310]. Использование теории систем и компромиссов: Применение теории систем и поиска компромиссов стали основой для решения экономических задач в области логистики. Ускорение научно-технического прогресса в коммуникациях: Внедрение последних технологий, таких как высокопроизводительные

компьютеры, в сферу товародвижения существенно повысило эффективность и точность управления логистическими процессами.

Унификация правил и норм во внешнеэкономической деятельности: Стандартизация технических параметров, устранение импортных и экспортных ограничений создали благоприятные условия для более эффективной логистики в условиях международной торговли.

Важную роль в создании объективных возможностей для развития логистики сыграл технический прогресс в средствах связи и информатики. Он позволил более эффективно контролировать все аспекты товародвижения, содействуя улучшению логистических процессов и оптимизации цепей поставок [5, с.110].

Анализ ведущих промышленных стран выявил четыре последовательные стадии развития логистики.

На первой стадии компании оперируют на основе сменносуточных плановых заданий, и управление логистикой находится на менее совершенном уровне. Основные операции логистической системы включают организацию хранения готовой продукции и ее транспортировку. Оценка работы системы на этой стадии обычно производится через долю затрат на транспортировку и другие операции в общей сумме выручки от продаж.

На второй стадии развития логистики системы управляют потоком товаров от последнего пункта производственной линии до конечного потребителя. Контроль системы распространяется на такие функции, как обслуживание заказчика, обработка заказов, хранение готовой продукции и управление запасами. Оценка работы системы проводится сравнением данных сметы расходов и реальных затрат.

Системы логистики третьего уровня контролируют операции от закупки сырья до обслуживания конечного потребителя. К ним добавляются дополнительные функции, такие как доставка сырья, прогнозирование сбыта, производственное планирование и другие. Оценка работы системы производится сравнением со стандартом качества обслуживания.

Логистические системы четвертого уровня, пока еще немногочисленные, расширяют область действия, интегрируя процессы планирования и контроля с операциями маркетинга, сбыта, производства и финансов. Логистическая деятельность тесно взаимодействует с другими видами деятельности на предприятии, особенно с маркетингом. Маркетинг и логистика представляют собой самостоятельные направления производственно-хозяйственной деятельности, но они тесно

интегрированы между собой. Эффективный результат достигается при грамотном сочетании обеих концепций одновременно. Одной из ключевых функций логистики является организация материально–технического обеспечения потребителей. Потребности потребителей не ограничиваются лишь удовлетворением запросов в сырье, материалах и продукции высокого качества. Они также включают в себя обеспечение своевременных поставок по выгодным ценам на логистические услуги при минимальных общих затратах. Для полного соответствия этим требованиям и удовлетворения потребностей потребителей требуется активная маркетинговая деятельность. Суть маркетинга заключается в управлении производством, введении продукции на рынок и успешной её реализации с учетом существующего спроса. В контексте логистики, маркетинг и логистика работают совместно для обеспечения оптимального уровня сервиса и удовлетворения потребностей клиентов. Вот несколько ключевых областей, в которых эффективность логистики играет роль:

Оптимизация затрат: Логистика позволяет сократить затраты на транспортировку, хранение и управление запасами. Эффективная логистика помогает избежать излишних расходов на перевозку и хранение товаров, уменьшая общую себестоимость продукции.

Улучшение сервиса для клиентов: Быстрые и точные поставки благодаря логистике улучшают уровень обслуживания клиентов. Оптимизация логистических процессов способствует своевременным поставкам, что может привести к повышению удовлетворенности клиентов [7, с.53].

Сокращение времени цикла производства: Логистика позволяет сократить время производства и доставки товаров на рынок. Улучшенное управление цепочкой поставок сокращает временные задержки и повышает оперативность.

Управление запасами: Эффективная логистика помогает минимизировать запасы, избегая излишних затрат на хранение товаров. Точное управление запасами позволяет избежать дефицитов и излишков, повышая общую эффективность.

Интеграция информационных технологий: Применение современных информационных технологий в логистике улучшает прозрачность и управление цепочкой поставок. Системы управления цепочкой поставок и мониторинга грузов обеспечивают оперативное реагирование на изменения и улучшают принятие решений.

Экологическая устойчивость: Логистика также может способствовать экологической устойчивости, оптимизируя маршруты,

снижая выбросы и уменьшая окружающий негативный вклад.

Глобальная эффективность: В масштабах глобальной торговли логистика обеспечивает эффективное управление глобальными цепочками поставок и международной логистикой.

Эффективное применение логистики требует грамотного планирования, координации и интеграции различных компонентов цепочки поставок. Современные компании все больше осознают важность логистики для повышения конкурентоспособности и улучшения общей эффективности бизнеса [2, с.47].

Логистика на предприятиях и в организациях продолжает активно развиваться, особенно в контексте внедрения новых технологий и автоматизации процессов. Примером такого развития является компания Amazon, которая внедрила более 30 тысяч роботизированных систем–грузчиков Kiva на своих складах. Эти роботы значительно улучшили процессы хранения, комплектования и упаковки товаров, что привело к сокращению расходов на каждом складе на 22 миллиона долларов.

Еще одним примером инноваций в логистике является компания FedEx, которая активно развивает направление сенсорной логистики. Эта технология позволяет отслеживать перемещение посылок в реальном времени и получать информацию о таких параметрах, как температурный режим, состояние упаковки и другие. Благодаря этому отправители и получатели могут быть уверены в сохранности и правильном обращении с грузами на всем пути доставки [6, с.62].

Развитие логистики на современных предприятиях подвергается влиянию различных факторов и требует адаптации к меняющимся условиям бизнес–среды. Вот несколько особенностей развития логистики на современных предприятиях:

Интеграция информационных технологий:

Применение современных информационных технологий, таких как системы управления цепочкой поставок (SCM) и программы мониторинга грузов, становится неотъемлемой частью развития логистики. Использование данных в режиме реального времени, аналитика больших данных и системы умного управления помогают оптимизировать логистические процессы. Некоторые аспекты этой интеграции представлены ниже: Системы управления цепочкой поставок (SCM): SCM–системы интегрируют в себя все этапы цепочки поставок, начиная от производства и заканчивая доставкой товаров конечному потребителю. Они обеспечивают единый и структурированный поток информации между всеми участниками цепочки, улучшая координацию и

взаимодействие.

Программы мониторинга грузов: Использование технологий GPS и IoT (интернет вещей) позволяет отслеживать местоположение грузов в режиме реального времени. Это обеспечивает точную информацию о статусе поставок, что позволяет лучше планировать и реагировать на возможные задержки или изменения в пути следования [4, с.56].

Аналитика больших данных: Сбор и анализ больших данных в логистике позволяют выявлять тенденции, оптимизировать процессы и принимать более обоснованные решения. Прогнозирование спроса, оптимизация запасов и ресурсов – все это становится более точным с использованием аналитики больших данных.

Системы умного управления: Системы умного управления включают в себя автоматизированные процессы и решения на основе искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО). Эти системы могут принимать решения в реальном времени на основе данных и предоставлять рекомендации для оптимизации логистических процессов.

Электронные документообороты: Замена бумажной документации электронными формами ускоряет процессы обмена информацией между участниками цепочки поставок. Электронные документы также снижают вероятность ошибок и улучшают общую эффективность.

Интеграция с транспортными средствами: Интеграция информационных технологий с транспортными средствами позволяет эффективно управлять парком, мониторить состояние транспорта и даже оптимизировать маршруты.

Глобализация цепочек поставок: Многие предприятия сталкиваются с глобальными цепочками поставок, что требует более сложного управления логистикой в условиях международных перевозок, таможенных процедур и соблюдения различных нормативов.

Увеличение внимания к экологической устойчивости: Современные предприятия все больше обращают внимание на уменьшение негативного воздействия логистических процессов на окружающую среду. Развитие "зеленых" логистических практик, таких как эффективное использование транспорта и уменьшение выбросов, становится важным элементом стратегии развития.

Гибкость и адаптивность: Современные предприятия должны быть готовы к быстрым изменениям в условиях рынка, спроса и технологий. Гибкие и адаптивные логистические стратегии позволяют эффективно реагировать на изменения.

Увеличение значимости обратной логистики: Обратная логистика,

связанная с возвратом товаров и управлением вторичными ресурсами, становится более значимой, особенно в условиях увеличения объемов онлайн-продаж.

Улучшение управления рисками: Управление рисками в логистике становится более сложным в условиях глобальных поставок и неопределенности. Эффективные стратегии управления рисками включают в себя резервные планы, страхование и технологические инновации.

Рост значимости партнерских отношений: Сотрудничество и партнерство с поставщиками, перевозчиками и другими участниками цепочек поставок становятся критическими для обеспечения более эффективных и интегрированных логистических процессов.

С учетом этих особенностей современные предприятия стремятся создать более гибкие, эффективные и устойчивые логистические системы, которые способны адаптироваться к меняющимся условиям рынка и технологий [1, с.5].

Логистика играет ключевую роль в современном бизнесе, влияя на эффективность и конкурентоспособность предприятий. Это стратегическое направление требует внимания и инвестиций. С учетом глобальных тенденций логистического развития, предприятия должны активно участвовать в управлении международными поставками, соблюдать таможенные нормы и расширять свои глобальные партнерства. Успешное логистическое развитие предприятий требует высококвалифицированных кадров. Инвестиции в обучение и развитие персонала способствуют повышению эффективности логистических операций.

Предприятиям следует активно интегрировать современные информационные технологии для оптимизации логистических процессов. Инвестиции в системы SCM и технологии отслеживания грузов могут значительно улучшить управление цепочкой поставок. С учетом быстро меняющейся бизнес-среды, предприятиям рекомендуется разрабатывать гибкие логистические стратегии, способные быстро адаптироваться к изменениям в условиях рынка.

Активное сотрудничество с поставщиками, производителями и логистическими партнерами может способствовать созданию эффективной и взаимовыгодной цепочки поставок.

Предприятиям следует внедрять практики, направленные на снижение экологического воздействия, такие как использование эффективных транспортных маршрутов, повышение энергоэффективности и уменьшение отходов.

Регулярное обучение персонала в области логистики и новых

технологий помогает сохранять высокий уровень профессионализма и адаптироваться к изменениям в отрасли.

Источники

1. Авдокушин Е.Ф. Мобильно–цифровые технологии как фактор формирования новой экономики // Вопросы новой экономики. 2016. №2 (38). С. 4–14.
2. Волкова К.М. Уберизация экономики // Проблемы современной науки и образования. 2016. № 11(53), с.125
3. Дыбская В.В. Современные тенденции развития логистики на предприятиях оптовой торговли, Логистика сегодня, 2013, № 5. С. 310–320.
4. Куценко Е.И. (2020) Логистика. Практикум : учебное пособие для вузов, Москва : Издательство Юрайт, 234 с.
5. Лукинский В.С. (2020), Логистика и управление цепями поставок : учебник и практикум для вузов, Москва : Издательство Юрайт, 359 с.
6. Пустохин Д.А. Особенности управления материальными потоками в производственной логистике // Вестник университета. 2015. № 11. С. 52–57.
7. Сазонов А. А. Создание системы управления предприятием на основе логистических инструментов // Экономист, 2014, № 1, С. 61—68.

РАЗРАБОТКА ГРАФИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕЙСА СИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ АВАРИЙНЫХ РЕЖИМОВ ЭНЕРГОБЛОКА, РАБОТАЮЩЕГО В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ

Галятдинов Р.Р.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

feniks200101@mail.ru

Науч. рук. проф. Гарифуллин М.Ш.

Разработка графического интерфейса системы предупреждения аварийных режимов энергоблока, работающего в энергосистеме, представляет собой актуальную задачу, направленную на повышение эффективности управления и безопасности энергетических объектов. В работе рассматриваются современные технологии интеграции аналитических инструментов, которые позволяют обеспечивать визуализацию актуальных данных, а также применять сложные алгоритмы для глубокого анализа состояния энергоблока. Реализация предложенного интерфейса направлена на улучшение взаимодействия оператора с системой, что способствует повышению точности и своевременности принятия решений в потенциальных аварийных ситуациях.

Ключевые слова: графический интерфейс, предупреждение аварий, энергоблок, интеграция данных, аналитические инструменты, система управления, визуализация данных, надежность, интуитивный интерфейс, безопасность.

Интеграция информации сегодня является важной задачей для многих организаций, поскольку она способствует увеличению эффективности их работы. Это обуславливает высокий интерес к данному направлению развития информационных технологий и появление множества новых программных продуктов, направленных на решение задач интеграции. Необходимость пояснения сути методов интеграции и их преимуществ привела к созданию международного консорциума по интеграции (Integration Consortium – IC).

Интеграция сложных аналитических инструментов в графический интерфейс систем предупреждения аварийных режимов энергоблоков является важным аспектом, направленным на повышение эффективности визуализации и анализа данных. Современные технологии позволяют не только отображать актуальную информацию, но и применять сложные

алгоритмы для её глубокого анализа, что улучшает процесс принятия решений операторами.

Известные модели имеют ряд недостатков, включая сложность использования и интерпретации полученных данных. Значительное несоответствие между наборами исходных данных, их точностью и полнотой вызывает трудности в расчетах. Дополнительно, значительная часть информационных систем ограничивает доступ к данным, а открытые данные нередко имеют недостаточную точность и достоверность, что препятствует их применению для составления прогнозных моделей.

Факторы, вносящие дополнительные погрешности, следующие:

1) Выход из строя отдельных элементов во время эксплуатации и их замена на другие, которые могут не быть полностью идентичными, из-за различий в уровне технологии производства.

2) Изменения параметров элементов, которые невозможно предсказать заранее, поскольку они зависят от стохастических условий работы агрегата и внешних управляющих или случайных воздействий.

3) Стохастическое влияние на систему со стороны верхнего уровня иерархии, что учитывает конкуренцию между подсистемами и внешние ограничения, такие как затраты, персонал и сроки эксплуатации [1].

EAI – метод интеграции, с помощью которого организация достигает централизации и оптимизации взаимодействия корпоративных приложений, обычно применяя формы оперативной доставки данных (push-технологии), которые управляются внешними событиями (event-driven).

ETL – метод интеграции, который преобразует данные из операционной среды, включающей гетерогенные технологии, в согласованные интегрированные данные, пригодные для принятия решений, обычно используя пакетную обработку. Метод ETL нацелен на консолидацию разнородных баз данных, таких как хранилища, витрины или операционные склады данных.

ЕП – метод интеграции данных в режиме реального времени, позволяющий объединить несопоставимые типы данных из многочисленных источников как внутри организации, так и за ее пределами. Инструменты ЕП обеспечивают единый уровень доступа к данным, используя поиск информации (pull-технологии) или работу по запросам [2].

Основной особенностью является то, что при вводе важной информации пользователь должен всегда иметь возможность контролировать соответствие этой информации её фактическому

источнику, чтобы избежать случайного ввода в неправильное поле. В данной ситуации было решено отказаться от многооконного интерфейса, так как часть данных теряется из поля зрения оператора при перекрытии дополнительных окон. Чтобы избежать перегруженности экрана разнородными полями ввода, они группируются по смысловым признакам и по порядку заполнения. Для минимизации ошибок ввода применяется несколько уровней проверки. Проверяется корректность последовательности заполнения полей, и блокируются попытки внеочередного ввода. Начальная проверка предотвращает ввод символьной информации в поля для числовых данных и наоборот.

Система предупреждения аварийных режимов энергоблока содержит спецификации оборудования, алгоритмы анализа данных и принципы взаимодействия операторов с графическим интерфейсом [3].

В заключение можно отметить, что интеграция аналитических инструментов в графический интерфейс систем предупреждения аварийных режимов энергоблока способствует повышению эффективности работы энергосистем.

Источники

1. Дударев В.А., Темкин И.О., Корнюшко В.Ф. Анализ методов интеграции для разработки информационно–аналитических систем по свойствам неорганических соединений // Программные продукты и системы. 2020. Т. 33, № 2. С. 283–296.
2. Гужов С.В. Развитие моделей и методов предиктивного анализа энергопотребления региональных объектов в условиях недостатка информации // Известия транссиба. 2023. № 1 (53). С. 110–120.
3. Сискевич Д.В., Чокиев С.Д. Разработка графического интерфейса программы для ввода данных результатов медицинских исследований // Современные инновационные технологии и проблемы устойчивого развития общества. 2015. С. 193.

ФИНАНСИРОВАНИЕ ПРОЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ: РОЛЬ БАНКОВ И ИНВЕСТИЦИОННЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Гумерова Г.Д., Хайруллина А.А.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

gulnur_gerova05@mail.ru, aliyakhairull456@mail.ru

Науч. рук. доц. Уразбахтина Л. Р.

Статья посвящена исследованию различных механизмов финансирования долгосрочных проектов энергетики. Рассмотрена роль банков и финансовых институтов в предоставлении необходимых средств через инвестиционные кредиты, проектное финансирование, акционерный капитал и грантовое финансирование.

Ключевые слова: финансирование, банки, инвестиционные кредиты, энергетика, возобновляемые источники энергии.

Финансирование долгосрочных проектов энергетики, особенно в сфере возобновляемых источников энергии (ВИЭ), представляет собой сложную и многогранную задачу. Этот процесс включает в себя различные финансовые механизмы, источники финансирования и участие разных финансовых институтов [1].

Банки играют ключевую роль в финансировании проектов, особенно в сфере энергетики, которые требуют значительных инвестиций. Основными источниками финансирования энергетических компаний часто являются инвестиционные кредиты, которые выдаются банками с правом регресса на клиентов.

Инвестиционные кредиты являются одним из наиболее важных критериев финансирования энергетических проектов. Эти кредиты обычно выдаются на длительный срок, который может продлиться до 20 лет и может быть закрыт до 90% от стоимости проекта. Банки предъявляют высокие требования к проектам и проводят последовательный финансовый анализ показателей компании–заемщика [2].

Проектное финансирование (ПФ) является одним из основных для крупномасштабных капиталоемких проектов. Это тип финансирования, основанный на прогнозируемых денежных потоках проектов, а не на современном финансовом здоровье компаний–инициаторов проекта. Процессы при этом становятся активами ведущей проектной компании, включая контракты, приносящие доход. Однако эта модель имеет

ограниченную эффективность для некоторых проектов ВИЭ из-за низкой стоимости продажи оборудования таких проектов.

Облигации также могут использоваться для финансирования энергетических проектов, хотя это менее распространенный механизм. Обязательства представляют собой долговые документы с фиксированным сроком действия, выпускаемыми корпорациями или правительствами. Однако структурировать финансирование проектов ВИЭ за счет выпуска облигаций сложно, поскольку рейтинговые агентства классифицируют облигации как инвестиционные только при низком риске дефолта эмитента. Структурировать финансирование проектов ВИЭ за счет выпуска облигаций или других долговых инструментов часто сложно из-за необходимости минимизировать или предотвратить строительные, или технологические риски.

Акционерный капитал является одним из основных источников финансирования энергетических проектов. Инвестиционные банки и паевые инвестиционные фонды могут финансировать крупные проекты ВИЭ, участвуя в акционерном капитале компаний. Этот механизм позволяет привлечь значительные средства, но также требует тщательного анализа финансовой устойчивости компании в будущем [3].

Грантовое финансирование, хотя и не является широко распространенным в России и странах СНГ, может служить основанием для проектов ВИЭ. Международные институты, такие как Европейский банк реконструкции и развития (ЕБРР), предоставляют безвозвратную денежную помощь для реализации стратегических проектов в области ВИЭ. Международные гранты также играют роль в финансировании проектов ВИЭ. Крупные институты предоставляют безвозвратную помощь для создания новых электростанций или современных объектов. Однако привлечение таких средств часто осложняется недостатком профессионального опыта у заявителей и ограниченными возможностями.

Финансирование проектов ВИЭ часто связано с высоким инвестиционным и операционным риском, который может отпугнуть некоторые финансовые институты. Постоянное изменение нормативной базы и связанная с этой неопределенность также осложняет процесс финансирования [4].

Финансирование долгосрочных проектов, особенно в отношении возобновляемых источников энергии, требует тщательного подхода и использования различных финансовых принципов. Банки, инвестиционные банки и институты играют ключевую роль в предоставлении необходимых

средств через инвестиционные кредиты, проектное финансирование, акционерный капитал и грантовое финансирование [5].

Несмотря на существующие вызовы и ограничения, многие финансовые компании предоставляют гибкие и долгосрочные финансовые решения для поддержки проектов ВИЭ. Правильный выбор источников и способов финансирования является ключом к успешному строительству и эксплуатации проектов, что имеет решающее значение для перехода к более устойчивой и зеленой энергетике.

Источники

1. Лесных Ю. Г., Плотников А. В., Визер В. В. Оценка IPO и SPO как инструментов привлечения инвестиций (на материалах электроэнергетической отрасли) // Экономика и предпринимательство. – 2021. – № 6 (83). – С. 602–606.
2. Локтионова Е. А. Развитие инновационных финансовых инструментов как фактор повышения уровня безопасности финансового рынка // Финансы и кредит. – 2019. – Т. 25. – № 10. – С. 2236–2249.
3. Локтионова Е. А. Развитие инновационных финансовых инструментов как фактор повышения уровня безопасности финансового рынка // Финансы и кредит. – 2019. – Т. 25. – № 10. – С. 2236–2249.
4. Ганюшкина, Ю. Д. Особенности формирования инфраструктуры рынка электроэнергетических ресурсов / Ю. Д. Ганюшкина, Л. Р. Уразбахтина // Проблемы научной мысли. – 2024. – Т. 3, № 1. – С. 3–8.
5. Дорофеев М. Л. Систематизация концепций зеленых финансов и механизм финансирования зеленых инвестиций в современных условиях // Банковское дело. – 2020. – № 4. – С. 23–28.

РАЗВИТИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА КАК ФАКТОР ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОСТОЙНОГО УРОВНЯ ЖИЗНИ

Жуков В.В.¹, Дюдина О.В.²

¹Университет управления «ТИСБИ», г. Казань, Россия

²ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

vlad_zhukov93@mail.ru, olga_dyudina@mail.ru

Статья рассматривает влияние различных мероприятий по развитию человеческого капитала на уровень и качество жизни населения в регионе. Определены основные факторы, влияющие на обеспечение достойного уровня жизни с точки зрения развития человеческого капитала. Представлена классификация факторов по четырем уровням в зависимости от субъекта инвестиций в развитие человеческого капитала.

Ключевые слова: уровень жизни, качество жизни, человеческий капитал, инвестиции, социальное развитие.

Социальное развитие на предприятиях электроэнергетики – это один из важнейших вопросов политики управления компанией. Подтверждением тому являются мероприятия, проводимые энергетическими компаниями в рамках социального управления по развитию человеческого капитала компании.

Понятие человеческого капитала достаточно многогранное и неоднозначное в силу того, что данная тема имеет долгую историю исследования, постоянно расширяется определение понятия «человеческий капитал» и всего категорийного аппарата данной темы. В рамках данной статьи под человеческим капиталом будем понимать определение, данное Р.И. Капелюшниковым, который под человеческим капиталом понимает воплощенный в человеке запас способностей, знаний, навыков и мотиваций [1]. Данный капитал способен оказывать большое влияние на развитие самого индивида, как носителя капитала, предприятия, на котором данный индивид работает и получает заработную плату, региона, где он проживает, и в целом страны.

Рассмотрим, какие факторы влияют на достойный уровень жизни человека с точки зрения человеческого капитала.

1) Самореализация, как одна из высших потребностей в пирамиде А. Маслоу. Человек, который самореализовался в жизни, получает удовольствие от работы и отдыха, получает отдачу от инвестиций в

собственное развитие в виде достаточной для него заработной платы. При этом самодостаточный человек является, как правило, ответственным гражданином своей страны и общества, соответственно не создает проблемы, а занимается общественно приемлемой деятельностью. Такой человек обеспечивает для себя достойный уровень жизни и умеет не нарушать чужие границы, а значит косвенно влияет на обеспечение достойного уровня жизни для окружающих его сограждан путем инвестирования в собственный человеческий капитал.

2) Непрерывное развитие профессиональных навыков, организуемое энергетическими компаниями в рамках политики управления персоналом или социальной политики. Вложение компанией средств в развитие сотрудников позволяет повышать продуктивность их работы, их приверженность политике и стратегии развития компании, социальные связи сотрудников расширяются, что может в совокупности иметь синергетический эффект в виде поступательного экономического развития предприятия и роста прибыли [2]. Все перечисленные последствия оказывают косвенное влияние на развитие общества и населенного пункта, и даже региона месторасположения предприятия, таким образом повышая уровень жизни населения.

3) Региональные программы по развитию человеческого капитала. Реализация таких программ посредством различных общественных институтов позволяет повышать качество жизни населения региона. Например, обучение временно безработных людей новым профессиям, организация медицинских обследований для определенных категорий граждан, проведение мероприятий спортивно–развлекательного характера, все это оказывает влияние на те или иные составляющие структуры человеческого капитала, что в итоге приводит к снижению социально–экономической напряженности в обществе, оздоровлению людей [3], снижению безработицы, а значит приближает человека к достойному уровню жизни, несмотря на временные трудности в его жизни.

4) Государственные программы по развитию человеческого капитала. Это, как правило, глобальные мероприятия, проводимые на разных уровнях и в целом в России, для реализации которых могут применяться различные инструменты, начиная от инициатив по бесплатному обучению, до организации общественных мероприятий и праздников для всего населения. Отличительной особенностью таких мер является сложность в распределении инвестиций между отдельными индивидами, разная восприимчивость к таким инвестициям у каждого

человека и, соответственно, трудоемкость в измерении отдачи от этих инвестиций.

Таким образом, рассмотренные в статье факторы, влияющие на достойный уровень жизни, можно разделить на четыре уровня в зависимости от субъекта инвестиций и на каждом уровне можно выявить составляющие отдельно взятого фактора. Тем не менее, остаются не до конца проработанными вопросы измерения и оценки такого влияния, не проведена систематизация методов оценки влияния человеческого капитала на уровень жизни населения региона в зависимости от конкретных инвестиций в развитие человеческого капитала.

Источники

1. Капелюшников, Р. И. Сколько стоит человеческий капитал России? / Р. И. Капелюшников ; Р. И. Капелюшников. – Москва: Высш. шк. экономики, 2012. – 74 с. – (Серия WP3. Проблемы рынка труда).
2. Василюванова, М. С. Роль управления человеческими ресурсами в инновационном развитии предприятия / М. С. Василюванова, Л. Р. Уразбахтина // Проблемы научной мысли. – 2023. – Т. 4, № 6. – С. 57–60.
3. Брик, Л. В. К вопросу о сущности понятия "человеческий капитал" / Л. В. Брик, А. Г. Горельцев // Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета. – 2014. – Т. 17, № 4. – С. 637–642.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В БИЗНЕСЕ: ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ И РИСКИ

Зайдуллина Э.Р.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

e.zaydullina@list.ru

Науч. рук. доц. Зарипова Р.С.

В статье рассматриваются основные направления использования искусственного интеллекта (ИИ) в бизнесе, такие как оптимизация бизнес-процессов, улучшение клиентского сервиса и прогнозирование финансовых рисков. Также анализируются преимущества ИИ, включая автоматизацию задач, персонализированный маркетинг и управление цепочками поставок. Обсуждаются потенциальные риски внедрения ИИ, среди которых выделяются утрата рабочих мест, защита данных и проблемы прозрачности алгоритмов. В заключение подчеркивается, что эффективное применение ИИ требует продуманного управления рисками и стратегий для устойчивого развития бизнеса.

Ключевые слова: искусственный интеллект, цифровая трансформация, бизнес-процессы, автоматизация, алгоритмы машинного обучения.

В последние годы искусственный интеллект (ИИ) приобрел свою инновационность в различных аспектах ведения бизнеса. Он применяется не только для повышения производительности, но и для улучшения внутренней работы компаний, на основе анализа клиентских предпочтений и оптимизации цепочек поставок.

Алгоритмы машинного обучения позволяют обрабатывать огромные объемы данных, что позволяет определять особенности и выявлять аномалии. Это особенно важно для анализа интересов клиентов, которые, в свою очередь, обеспечивают более эффективное взаимодействие с ними [1]. Использование ИИ в бизнес-процессах помогает находить узкие места, что позволяет повысить эффективность производственной деятельности.

В условиях резких изменений и усложнения логистических процессов искусственный интеллект оказывается незаменимым для оптимизации цепочек поставок. Он умеет управлять запасами, предсказывать спрос и снижать финансовые затраты. Например, с помощью машинного обучения можно предугадать колебания запасов

товаров, учитывая сезонные факторы и другие переменные [2]. Внедрение ИИ в систему управления запасами помогает снизить финансовые потери, связанные с неправильным учетом ресурсов.

Персонализированный маркетинг также является одной из ярких сторон применения ИИ. Технологии глубокого обучения позволяют анализировать поведение клиентов и сегментировать целевую аудиторию, что дает возможность предлагать более точные рекламные решения. Это особенно актуально в условиях высокой конкуренции, когда важна каждая деталь [3].

Кроме того, автоматизация рутинных задач, таких как обработка счетов и управление клиентской базой, позволяет сотрудникам сосредоточиться на более важных аспектах работы. Чат-боты и системы обработки естественного языка (NLP) широко внедряются для улучшения клиентского обслуживания и предоставления информации о предложениях [4].

Не менее обязательным является использование ИИ для предсказания финансовых рисков, что имеет важное значение для финансовых и страховых компаний. Алгоритмический анализ данных помогает выявлять потенциальные угрозы и работать с ними, что делает бизнес более устойчивым к изменениям [5].

Тем не менее, внедрение искусственного интеллекта несет с собой ряд рисков. Это касается как возможных потерь рабочих мест, так и вопросов сохранности данных и прозрачности алгоритмов. Сложность некоторых моделей делает их трудными для понимания, что может быть связано с защитой от принимаемых решений [6]. Также существуют вероятности ошибок моделей, что, в свою очередь, может негативно отразиться на бизнес-показателях.

Таким образом, применение искусственного интеллекта во многих сферах бизнеса открывает новые горизонты. Улучшение цепочек поставок, автоматизация и персонализированный подход становятся реальностью благодаря инновациям. Однако для успешного развития ИИ необходимы взвешенные стратегии, направленные на минимизацию риска риска и осторожное управление последствиями развития.

Источники

1. Сидоров А.П., Кузнецов В.В. Применение ИИ для анализа клиентского поведения в ритейле // Инновации в бизнесе и технологиях: материалы научной конференции. М., 2023. С. 45–48.

2. Рочева О.А., Зарипова Р.С., Ахметшин Д.А. Роль технологий искусственного интеллекта в цифровой трансформации транспортной отрасли / Экономика и управление: проблемы, решения. 2023. Т. 7. № 10 (139). С. 47–53.

3. Захаров Д.К., Новикова Т.В. Маркетинг на основе ИИ: современные подходы и технологии // Маркетинг в условиях цифровой экономики: материалы конференции. М., 2023. С. 123–126.

4. Мустахитдинова Ю.А., Зарипова Р.С. Телеграм–бот как средство продвижения бизнеса / Наука: опыт, проблемы, перспективы развития. Материалы международной научно–практической конференции. Красноярск, 2023. С. 87–90.

5. Куликов А.В., Фролова Н.Ю. Управление рисками с помощью машинного обучения // Актуальные вопросы экономики и бизнеса: сборник научных трудов. Казань, 2023. С. 98–102.

6. Мартынова С.П., Антонов Р.С. Проблемы и перспективы использования ИИ в бизнесе // Вопросы экономики и цифровизации. М., 2023. С. 215–218.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ АТАК В ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЕ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

Зарипова К.И.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия,

kadriya.zaripova@yandex.ru

Науч. рук. доц. Зарипова Р.С.

С ростом зависимости от цифровой инфраструктуры энергетические системы становятся уязвимыми для сложных кибератак. Традиционные меры безопасности с трудом справляются с этими угрозами. В связи с этим было решено исследовать потенциал нейронных сетей для обнаружения кибератак на энергетические системы и сети, а также рассмотреть проблемы и возможности внедрения решений на основе нейронных сетей в области энергетической безопасности.

Ключевые слова: кибербезопасность, энергетические системы, нейронные сети, электроэнергетика, защита, кибератаки, безопасность.

Растущая зависимость от цифровой инфраструктуры в энергетическом секторе сделала его уязвимым для изощренных кибератак. Традиционные методы обеспечения безопасности с трудом справляются с этими угрозами. Нейронные сети, обладающие способностью извлекать сложные закономерности из данных, предлагают многообещающий подход к обнаружению кибератак, нацеленных на энергетические системы и сети.

В контексте энергетики нейронные сети можно использовать для решения различных задач. Ниже приведены наиболее эффективные возможности искусственного интеллекта (ИИ):

- обнаружения вторжений: анализа сетевого трафика с целью выявления подозрительной активности;
- обнаружения аномалий: отслеживания отклонений от нормального поведения;
- распознавания моделей и характеристик атак.

Несоблюдение хотя бы одного из этих трех основных пунктов влечет за собой серьезные проблемы в информационной безопасности. Вот несколько ярких примеров:

1. Stuxnet – это сложная вредоносная программа, разработанная в 2010 году и нацеленная на ядерную программу Ирана. Stuxnet заразил

промышленные системы управления, что привело к повреждению центрифуг, используемых для обогащения урана [1];

2. BlackEnergy – это программа–вымогатель, впервые обнаруженная в 2014 году и нацеленная на энергетические компании в Украине. Она нарушила распределение электроэнергии, отключив системы управления, что привело к массовому отключению электроэнергии в 2015 году [1];

3. NotPetya – это программа–вымогатель, которая в 2017 году заразила тысячи компьютеров по всему миру, включая энергетические компании [1].

Также статистические данные из различных источников свидетельствуют о росте числа и серьезности кибератак на энергетический сектор. Исследования [2] показывают, что:

- энергетические компании часто становятся мишенями. Исследования Министерства внутренней безопасности (DHS) указывают на значительное увеличение числа кибератак на энергетические компании в последние годы;
- финансовые потери значительны: Кибератаки могут привести к значительным финансовым потерям из-за простоя системы, повреждения оборудования и юридической ответственности.

Обучить и создать нейронную сеть могут и обычные пользователи. Так, студенты Российского государственного гидрометеорологического университета написали и обучили нейросеть обнаруживать атаки, используя базу данных NSL_KDD [1]. На рисунке 1 показана модель нейронной сети, способной выявлять атаки. В среднем точность обнаружения составила 96%.

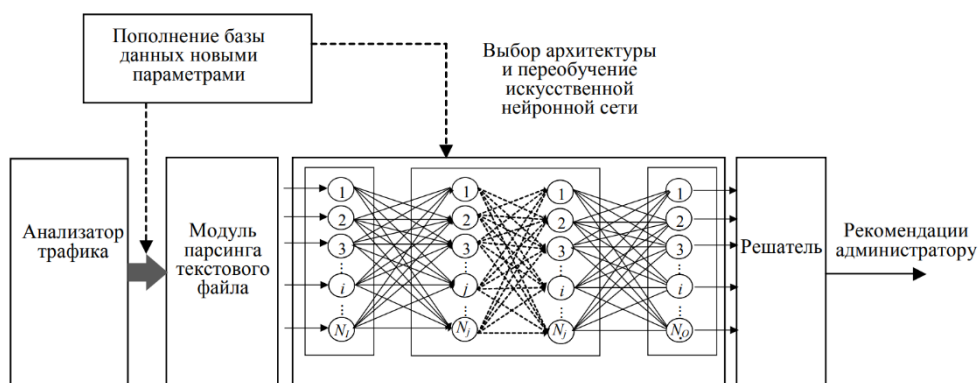


Рис. 1. Модель нейронной сети по выявлению сетевых атак

Что же касается многоуровневой защиты, то крупные электроэнергетические компании зачастую используют такие брандмауэры как Palo Alto Networks, Fortinet, системы обнаружения вторжений Snort, Suricata, и антивирусное программное обеспечение (ПО) Symantec Endpoint

Protection. Данное ПО использует в некоторых своих инструментах нейросетевые технологии, которые работают в фоне и проверяют каждый процесс на компьютере, считывая закономерности и нестандартное поведение. Но полномасштабными нейросетевыми продуктами можно назвать только Darktrace и ThreatConnect, которые при разработке были заточены на обнаружение и анализ атак [3].

В заключении необходимо отметить, что нейронные сети являются ключом к повышению энергетической кибербезопасности. Они превосходно обнаруживают сложные и эволюционирующие угрозы, обеспечивая более быстрый анализ и реагирование.

Источники

1. Тимочкина Т. В., Татарникова Т. М., Пойманова Е. Д. Применение нейронных сетей для обнаружения сетевых атак / Приборостроение. 2021. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-neyronnyh-setey-dlya-obnaruzheniya-setevyh-atak> (дата обращения: 08.10.2024).
2. Применение нейронных сетей в системах обеспечения информационной безопасности / А. В. Плугатарев, А. Л. Марухленко // Безопасность информационных технологий. 2021. Т. 28, № 3. С. 73–80.
3. Мухаметзянов И.И., Зарипова Р.С. Прогнозирование и предотвращение кибератак с использованием искусственного интеллекта // Технологический суверенитет и цифровая трансформация. Международная научно–техническая конференция. Казань, 2024. С. 166–169.

УПРАВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКОЙ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ

Ижболдин Р.А.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

romanizhboldin06@gmail.com

Науч. рук. доц. Дубровская Е.С.

В данной статье рассматривается проблема интеграции цифровых технологий в управление электроэнергетическими системами и их влияние на устойчивость и надежность энергоснабжения. Исследуются преимущества и недостатки процессов цифровизации управления электроэнергетикой страны. Выделяются возможные риски при интеграции цифровых технологий в энергосистемы.

Ключевые слова: цифровизация экономики, управление электроэнергетикой, цифровые технологии, интеграции, эффективность управления.

Цифровизация экономики становится важным фактором, влияющим на все сферы деятельности, включая электроэнергетику. Актуальность исследования управления электроэнергетикой в условиях цифровизации обусловлена необходимостью адаптации традиционных методов управления к новым цифровым технологиям, что позволяет повысить эффективность и устойчивость энергетических систем.

В настоящее время вопросами цифровизации энергетики активно занимаются российские ученые, к примеру, Гусев И. и Иванов П. в своих работах указывают, что внедрение цифровых решений, таких как smart-сети и аналитика больших данных, может значительно улучшить процессы управления и мониторинга в электроэнергетике [1, 2]. Однако существуют дискуссионные вопросы относительно масштабов и темпов этой интеграции, а также потенциальных рисков и недостатков.

Методология исследования включает анализ существующих концепций управления электроэнергетикой, а также оценку влияния цифровизации на эффективность этих концепций.

Анализ показал, что цифровизация электроэнергетики предоставляет ряд преимуществ:

1. Увеличение эффективности: автоматизация процессов управления и мониторинга позволяет сократить время реагирования на изменения в

энергосистеме. Это не только ускоряет процессы, но и снижает вероятность ошибок, связанных с человеческим фактором.

2. Повышение надежности: использование предиктивной аналитики позволяет предсказывать возможные сбои в работе системы и принимать меры заранее. Это особенно важно в условиях нестабильного спроса на электроэнергию и изменяющихся климатических условий.

3. Снижение затрат: оптимизация потребления энергии через внедрение смарт-технологий позволяет значительно сократить потери и снизить общие затраты на энергоснабжение. Это может привести к более конкурентоспособным тарифам для конечных пользователей.

Вместе с тем, необходимо отметить, что данные, полученные из официальных источников, таких как Росстат [3], Министерство энергетики РФ [4], свидетельствуют о нестабильной инновационной активности в сфере информационных технологий управления энергетикой. Скорее всего, такая тенденция связана с проблемами, возникающими в самом процессе внедрения цифровых технологий в отрасль, среди которых следует выделить:

1. Высокая стоимость внедрения технологий: первоначальные инвестиции в цифровизацию могут быть значительными, что может стать препятствием для многих компаний, особенно для малых и средних предприятий.

2. Необходимость обучения персонала: внедрение новых технологий требует квалифицированных специалистов. Обучение существующего персонала или привлечение новых специалистов требует времени и ресурсов.

3. Риски кибербезопасности: с увеличением зависимости от цифровых технологий возрастает и риск кибератак, что может угрожать не только отдельным компаниям, но и всей энергетической инфраструктуре страны.

Важно отметить, что данное исследование имеет свои ограничения. Во-первых, недостаток данных о долгосрочных эффектах внедрения технологий затрудняет оценку их реальной эффективности. Во-вторых, потенциальные риски, связанные с кибербезопасностью, требуют дальнейшего изучения и разработки мер по защите систем.

Таким образом, интеграция цифровых технологий может значительно улучшить управление и повысить устойчивость энергосистем, а наращивание темпов цифровизации электроэнергетики позволит поддержать интенсивный путь развития отрасли. Однако для успешного

внедрения необходимо преодолеть ряд препятствий, связанных с финансированием и обучением персонала.

Источники

1. Гусев И. Цифровизация электроэнергетики: проблемы и перспективы // Энергетический журнал. 2020. Т. 12, № 3. С. 45–50.
2. Иванов П. Смарт–сети в России: опыт и вызовы // Журнал энергетических технологий. 2021. Т. 15, № 4. С. 23–30.
3. Росстат. Официальная статистика по электроэнергетике. [Электронный ресурс]. <http://www.gks.ru>. (дата обращения: 11.10.2024).
4. Министерство энергетики Российской Федерации. Отчет о состоянии электроэнергетики в России. [Электронный ресурс]. <http://www.minenergo.gov.ru> (дата обращения: 13.10.2024).

КОМПЛЕКСНЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ И РАЗВИТИЯ МОТИВАЦИОННОГО ИНТЕРЕСА ОБУЧАЮЩИХСЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Иксанова Р.Р., Дедулин А. В.

Филиал ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» в г.
Новокуйбышевске, Россия

Iksanovaregina17@gmail.com, andreysander@yandex.ru

Науч.рук. Ксенафонтова Т.А.

Актуальность программы обусловлена общей концепцией развития образования в стране с акцентом на техническую направленность, заказом общества и государства на развитие технического мышления молодежи. В работе представлен анализ эффективности применения комплексных методов обучения и развития мотивационного интереса обучающихся в электроэнергетике. Описана программа, направленная на развитие предпрофессиональных компетенций и практической деятельности учеников в области энергетики и альтернативных источников энергии, способов получения электроэнергии, ее передачи и потребления.

Ключевые слова: комплексные методы обучения, электроэнергетика, профессиональная ориентация, программа обучения, мотивационный интерес.

В настоящее время в России наблюдается резкое снижение заинтересованности школьников в любой профессиональной деятельности, что уже приводит к уменьшению высококвалифицированных специалистов, в том числе в сфере электроэнергетики. Проблема заключается в подходах обучения и профориентации подростков. Имеющиеся методы являются устаревшими и тяжелыми для восприятия детьми, которые теряют заинтересованность уже после нескольких занятий.

Одной из главных проблем начала обучения является сложность удержания внимания и заинтересованности группы во время проведения занятий. В качестве решения проблемы в работе предлагается использование комплексного метода обучения. Существует множество методов обучения, которые можно разделить на несколько групп:

- Пассивные методы (лекция, рассказ, объяснение).
- Активные методы (мозговой штурм, работа в группах, проектная деятельность).

– Интерактивные методы (кейс–метод, викторины, конкурсы, беседы, экскурсии по электротехническим лабораториям, дискуссия).

Однако комплексные методы обучения объединяют в себе несколько подходов и позволяют достичь более эффективных результатов. Они включают в себя различные виды деятельности, такие как теоретическое обучение, практические занятия, проектная работа, исследовательская деятельность и т. д.

Предлагаемая авторами программа позволяет обучающимся получить представление о значимости производства различных видов энергии для общества, знакомит с особенностями профессий по всем направлениям энергетической сферы деятельности, помогает узнать о востребованности профессий и области трудоустройства, профессиональных качествах и компетенциях специалиста в области производства, передачи и потребления электроэнергии, а также приобрести некоторые практические навыки в области электромонтажа. Программа обучения была разработана с учётом возрастных особенностей учеников средних классов и специфики предмета электроэнергетика.

Деятельность обучающихся в рамках проведения разработанных занятий включает в себя следующие компоненты:

Теоретическое обучение: лекции, рассказы, объяснения, просмотр видеоматериалов.

На лекционных занятиях со школьниками изучаются такие темы, как: значение электроэнергетики в современном мире, процесс производства электроэнергии на электростанциях разных типов, передача электроэнергии: линии электропередач и подстанции, использование электроэнергии в быту, основы электромонтажа [1]. В ходе занятия педагоги отвечают на интересующие вопросы и поднимают темы для обсуждения по разделам, которые были наименее понятны ученикам. Все теоретические знания, полученные в ходе лекции, применяются на практических занятиях, а также способствуют формированию теоретической базы для создания проектов самими школьниками.

Практические занятия по программе представляют собой работу с электрическими схемами, монтаж электрических цепей, проведение экспериментов. В комплексе данная деятельность развивает у детей навыки работы с электромонтажными инструментами и элементарными электрическими схемами, дает более глубокое понимание принципов работы отдельных частей энергосистемы

Проектная работа заключается в создании проектов по электроэнергетике, например, «Моделирование систем энергоснабжения

жилых объектов». Ключевой целью проектной деятельности является развитие у учеников «гибких» навыков: аналитические способности, работа в команде, инновационное мышление, навыки презентации, лидерские качества.

Программа по электроэнергетике для учащихся средних классов школ реализуется в Новокуйбышевском филиале СамГТУ второй год.

По результатам 2023–2024 учебного года группа ребят, обучающихся по данной программе, разработала проект, который был представлен на конференции «Юный исследователь», состоявшейся в Доме научной коллаборации СамГТУ (см. рисунок 1).



Рис.1. Демонстрация макета

В текущем учебном году в целях оценки качества обучения был проведён промежуточный контроль знаний с использованием тестирования.

Тест содержал 15 вопросов и охватывал три раздела: бытовая система энергоснабжения, работа электростанций и электромонтаж. В тестировании было задействовано 25 учеников. По результатам теста были выявлены следующие показатели освоения программы: 76% полностью освоили все охваченные темы, 16% допустили одну ошибку, 8% допустили 3 ошибки (см. рисунок 2).

Таким образом, согласно представленным результатам, применение метода комплексного обучения по программе электроэнергетики является достаточно эффективным.



Рис.2. Результаты тестирования

Источники

1. Крежевский Ю.С., Общая энергетика: учебное пособие — Ульяновск: УлГТУ, 2014. —124 с.

ТЕКУЩИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОБАЛАНСА НА ПРИМЕРЕ РОССИИ

Каргина М.О., Баранова А.М., Бразникова А.В.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

mariadubrovskaya04@gmail.com, gelya-mikhaylovna@mail.ru, brazany@gmail.com

Науч. рук. ст. преп. Минулина О.В.

В тезисе исследованы теоретические основы исследования электробаланса страны, а также приведены примеры факторов, непосредственно влияющих на выработку и потребление населением электроэнергии. Представлен прогноз производства электроэнергии для Российской Федерации на 2028 год и выявлены основные тенденции.

Ключевые слова: электробаланс, прогноз, тенденция, экономический рост.

Электроэнергия является основой экономического роста и представляет собой один из жизненно важных инфраструктурных ресурсов социально-экономического развития. Мир сталкивается с резким ростом спроса на электроэнергию, который обусловлен такими мощными силами, как рост населения, обширная урбанизация, индустриализация и повышение уровня жизни. Положительная связь между энергией и экономическим ростом очевидна: доход и потребление энергии тесно коррелируют на каждом континенте и в каждом временном периоде, по которому существуют данные. Нигде в мире нет богатой страны, которая потребляет мало энергии, или бедной страны, которая потребляет много [1].

Хотя электрификация сельских жилых домов, по всей видимости, не оказывает существенного влияния на доходы домохозяйств среди крайне бедных слоев населения, все больше исследований связывают надежную и недорогую энергию для компаний с несколькими факторами [2]:

1. Производительность. Энергия является основополагающим фактором экономической деятельности, и африканские компании считают плохую инфраструктуру, особенно энергетическую, основным препятствием для производительности и расширения. Чаще всего это устанавливается путем изучения связи производительности компании с отключениями электроэнергии.

2. Рентабельность. Исследования влияния отключений электроэнергии показали значительное негативное влияние на производительность в Замбии, производственные затраты в Эфиопии, продажи МСП в Сенегале, а также доходы и излишки производителей в Индии. Кроме того, увеличение стоимости электроэнергии приводит к снижению прибыли малых и средних предприятий [3].

3. Создание рабочих мест. Было обнаружено, что дефицит электроэнергии снижает вероятность того, что человек будет занят на высококвалифицированной работе на 35–41%, а вероятность стать самозанятым — на 32–47%.

4. Макроэкономический рост. Хотя исследования показывают микроэкономические эффекты для фирм, кумулятивное макроэкономическое воздействие также хорошо установлено исследованиями, изучающими, как инвестиции в энергетическую инфраструктуру влияют на ВВП и показатели человеческого капитала [4].

Рассматривая показатели электробаланса Российской Федерации за 2018–2023 года, находящиеся в свободном доступе на официальном статистическом ресурсе, можно увидеть положительную динамику выработки электроэнергии (далее – ЭЭ) и полного удовлетворения спроса потребителей (Таблица 1) [5]. При этом, стоит отметить 2020 год, в котором резко снизилась выработка электроэнергии, что может быть связано с пандемическим кризисом. Данное явление, то есть исключительное в рассматриваемом периоде, оказало влияние на дисперсию прогноза электроэнергии на 2028 год (2).

Таблица 1

Сводная таблица данных электробаланса в целом по Российской Федерации за 2018–2023 года

Год	Произведено ЭЭ, млн. кВт*час	Темп роста выработки ЭЭ, %	Потребление ЭЭ у(i), млн. кВт*час	Темп роста потребления ЭЭ, %	Разница между производством и потреблением ЭЭ, млн. кВт*час	Темп роста разницы произведенной и потребленной ЭЭ, %
2018	1115087,6	–	1108134,0	–	6953,6	–
2019	1121492,4	100,57	1110050,3	100,17	11442,1	164,5
2020	1089667,7	97,16	1085045,1	97,75	4622,6	40,4
2021	1159416,5	106,40	1135352,9	104,64	24063,6	520,6
2022	1169784,6	100,89	1153595,0	101,61	16189,6	67,3
2023	1180999,6	100,96	1172288,3	101,62	8711,3	53,8

При прогнозировании в качестве уравнения тренда была выбрана линейная функция. Из получившегося уравнения основной тенденции производства электроэнергии можно сделать вывод, что производство электроэнергии за исследуемый период в среднем возрастало на 7774,08 млн. кВт*час (1).

$$y = 1139408 + 7774,08 * t \quad (1)$$

При вероятности $\Phi(t)=0,99$ значение уровня значимости 0,01 объем производства электроэнергии в 2028 году составит:

$$1147920,5 \text{ млн. кВт*час} \leq y_{\text{пр}} \leq 1364117,9 \text{ млн. кВт*час} \quad (2)$$

Данный прогноз соответствует Энергетической стратегии России на период 2030 года. Согласно документу, целью Стратегии является эффективное использование энергетических ресурсов и потенциала энергетического сектора, но в то же время снижение зависимости экономического роста от энергетического сектора. Данный вопрос мы оставляем для будущих исследований.

Источники

1. Уваров И. П., Воробьева И. В., Омельченко Д. П. Энергосбережение и экономика: взаимосвязь и противоречия // Kant. 2022. №3 (44). С. 84–89.
2. Темная О. В., Агафонов Д. В. Модель зависимости удельной электроемкости ВРП от цены электроэнергии и других влияющих факторов // Вестник Московского университета. Серия 6. Экономика. 2024. №2. С. 130–152.
3. Обухов П. А. Особенности энергетического перехода в электроэнергетике отдельных стран мира // Географическая среда и живые системы. 2022. №3. С. 102–119.
4. Воронова С. М., Ордынская Н. О. Санкции и их влияние на деятельность российских предприятий // Теория и практика сервиса: экономика, социальная сфера, технологии / СПбГЭУ. Санкт–Петербург. 2022. №4 (54). С. 26–30.
5. Предпринимательство: промышленное производство / Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: https://rosstat.gov.ru/enterprise_industrial (дата обращения: 24.10.2024).

РАЗРАБОТКА ЗАДАНИЙ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ШКОЛЬНИКОВ ОПИСАНИЮ АЛГОРИТМОВ С ПОМОЩЬЮ БЛОК–СХЕМ.

Каюмова Д.А., Николаев К.В.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
dinara.kayumova.2004@mail.ru, nikolaev.kv@eltecheva.ru

Науч. рук. ст. преп. Бикеева Н.Г.

В статье поднимается вопрос о важности раннего усвоения школьниками понятий «технология» и «алгоритм». Рассматриваемые понятия тесно связываются и поэтому первое раскрывается путём объяснения второго. Сначала описываются методы представления алгоритма и преимущества каждого из них. Больше внимание уделяется блок–схемам как универсальной форме описания алгоритмов. Затем рассматриваются элементарные составляющие блок–схем и главные правила их соединений. В заключении представляется разработанное контрольное задание, включающее в себя несколько простых подзадач и его решение.

Ключевые слова: блок–схема, учебные задания, алгоритм.

Понимание технологии и алгоритмов для подрастающего поколения очень важно, ранее усвоение школьниками этих понятий поможет сформировать представление об окружающем материальном мире. Производство любого продукта происходит согласно технологии, которая представляет собой последовательность действий к достижению результата, иными словами любую технологию можно назвать алгоритмом. Именно с такой точки зрения школьникам можно доступно донести сложное понятие технологии.

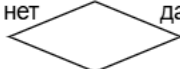
Алгоритм можно выразить в разных формах, наиболее популярными являются: словесная форма, таблицы и блок–схемы. Каждая из форм имеет явные преимущества и недостатки в сравнении друг с другом. Словесная форма помогает наиболее подробно отразить детали каждого из этапов описания технологии, но для разработки требует высокой квалификации работников. Табличная форма удобна для быстрого восприятия информации, но имеет ограниченную область применения. Блок–схемы – это универсальная форма изложения алгоритма, стандартизированное графическое представление которой позволяет находить ошибки в алгоритме уже на этапе его разработки, также явным преимуществом блок–схем является возможность комбинирования со словесной формой. В

качестве главного преимущества отметим простое освоение правил построения блок–схем [1].

Ввиду вышеизложенного, школьникам можно доступно объяснить понятия «технология» и «алгоритм», на примере построения блок–схем по выполнению программ для микроконтроллеров. Актуальность изучения блок схем школьниками состоит в том, что умение структурировать и анализировать поставленную задачу приводит к хорошему усвоению и закреплению полученных знаний. Сначала школьники обучаются обозначениям основных блоков в схемах программ изложенным в ГОСТ 19.701–90 (таблица 1).

Таблица 1.

Обозначения основных блоков в схемах программ

№ п/п	Функциональное назначение	Изображение
1.	Блок–терминатор (начало/конец алгоритма)	
2.	Блок ввода или вывода данных	
3.	Блок выполнения действия	
4.	Блок условия	
5.	Линии потока	

Любая, даже самая сложная блок–схема состоит из несложных паттернов: структуры сортировки, счётчики, циклы по счётчикам, циклы до возникновения события и другие, которые состояются из элементарных блоков из таблицы 1 [2]. Например, структура сортировки представляет каскад условий, где одно из плеч первого условия ссылается на второе условие и т.д., а циклы являются такими условиями, у которых одно из плеч отправляет к прошедшим действиям для их повторения [3].

Для лучшего освоения паттернов школьникам даются учебные задачи с простыми условиями, где используется только один паттерн. Затем для решения предлагаются комбинированные задачи, содержащие два паттерна. В комбинированной задаче паттерны могут использоваться как последовательно, так и сливаться между собой. После составления

школьником блок–схем по ряду комбинированных задач ему даётся контрольная задача, для решения которой необходимо использовать не менее трёх паттернов. Пример решения одной из таких задач изложен на рисунке 1, а условие такой задачи: «В корзине находится три вида фруктов (яблоко, апельсины, банан), необходимо отсортировать фрукты по отдельным контейнерам и посчитать их количество по каждому виду».

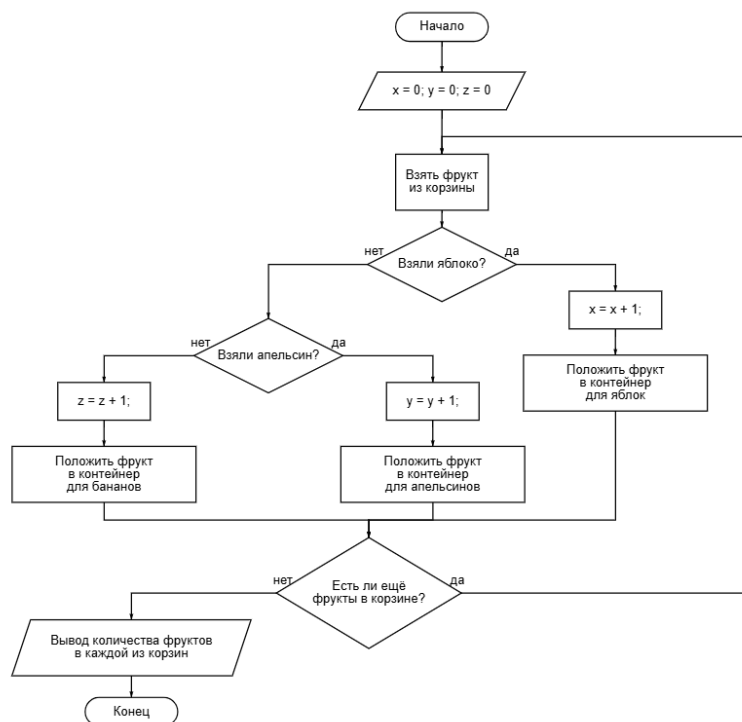


Рис. 1. Пример решения контрольной задачи.

Источники

1. Алгоритмы. Основные алгоритмические конструкции [Текст]: сб. задач / сост. С.А. Рогозин. – Челябинск: Изд-во Челяб. гос. пед. ун-та, 2008. 42 с. https://cs.petsu.ru/studies/filatova_information/CMD_1996566_M/my_files/Inform/Algorithm/algorithm.pdf
2. ГОСТ 19.701–90. Единая система программной документации. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Обозначения условные и правила выполнения. утв. Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 26.12.90 № 3294. Введён 1 января 1992.
3. Информатика: 7–й класс : учебник : базовый уровень / Л. Л. Босова, А. Ю. Босова. – 6–е издание, стереотипное. – Москва: Просвещение, 2024. – 254 с.

ОСОБЕННОСТИ МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ РИСКАМИ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

Крапивин Ф. А.

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

krapivin_fedya@mail.ru

Науч. рук. доц. Дубровская Е.С.

В данной статье рассмотрены особенности производственных рисков, связанных с энергетической отраслью, а также их категории. Кроме того, приведены методы управления производственными рисками.

Ключевые слова: риски, управление риском, производственный риск, классификация производственных рисков.

Производственные риски в энергетической отрасли представляют собой сложную и многогранную проблему, требующую комплексного подхода к управлению. Они напрямую связаны с потенциальными авариями, отказами оборудования, нарушениями технологических регламентов и другими непредвиденными событиями, которые могут иметь катастрофические последствия. Речь идёт не только о прямых экономических потерях, связанных с простоем оборудования, ремонтом и компенсациями, но и о гораздо более серьёзных угрозах.

К основным производственным рискам в энергетической отрасли можно отнести [1, 2]:

1. Отказ/неисправности оборудования: генераторов, турбин, трансформаторов и других важных элементов;
2. Ошибки работников: Неправильные действия или недостаточные навыки персонала могут привести к аварийным ситуациям;
3. Нарушения в процессе: Неправильная работа оборудования или несоблюдение технологических регламентов;
4. Загрязнение природы: Аварийные ситуации, сопровождающиеся выбросами или утечками, могут иметь значительные экологические последствия;
5. Качели цен на энергоресурсы: Изменения в рыночной стоимости могут оказать влияние на рентабельность проектов;

6. Перебои в поставках материалов: Недостаток топлива или других ресурсов может вызвать остановку производственных процессов.

Риск–менеджмент в энергетических предприятиях должен осуществляться с учетом специфики их деятельности [3], представленных на рис. 1.



Рис. 1. Особенности деятельности энергетических предприятий

Методы управления производственными рисками в энергетической отрасли, несмотря на специфику, будет базироваться так же на пяти основных пунктах [4, 5]:

1. Идентификация рисков: определение всех возможных рисков, которые могут возникнуть в процессе производства энергии. Это включает анализ технологических процессов, оборудования, окружающей среды и других факторов, которые могут повлиять на безопасность и эффективность производства.

2. Оценка рисков: определение вероятности возникновения каждого риска и его возможных последствий;

3. Разработка мер по управлению рисками;

4. Мониторинг и контроль

Важно отметить, что управление производственными рисками в энергетической отрасли требует комплексного подхода и взаимодействия

всех участников процесса — от руководства компаний до регулирующих органов и общественности. Только так можно обеспечить безопасность и эффективность производства энергии.

Источники

1. Кремков М.В. Особенности внутренних рисков для предприятий топливно–энергетического комплекса // Энергобезопасность и энергосбережение. 2012. №5. – 3.С. 5–7.
2. Тарасова И.А. Классификация рисков производственной деятельности предприятий // Символ науки. 2017. №10–1.С. 90–92.
3. Потемина, Д. Управление рисками в энергетических компаниях / Д. Потемина, А. Н. Ряховская // Стратегии бизнеса. – 2020. – Т. 8, № 10. – С. 271–274.
4. Камчатова Е.Ю. Управление рисками генерирующих энергокомпаний // Вестник университета, 2022. – № 2. – С. 50–56.
5. Афанасьева М.В. Развитие систем риск–менеджмента современных энергетических компаний / Стратегические решения и риск–менеджмент, 2015. № 1. С. 90–97

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА СКАНИРОВАНИЯ БАГАЖА НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Кудрявцев Д.С.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

kjkolke1337@gmail.com

Науч. рук. доц. Будникова И.К

В условиях современных вызовов безопасности транспортные узлы, такие как аэропорты и железнодорожные станции, требуют более совершенных средств контроля багажа. В статье представлена автоматизированная система сканирования багажа на основе технологий искусственного интеллекта (ИИ). Система предназначена для повышения безопасности и сокращения времени проверки багажа в аэропортах и транспортных узлах. Применение методов глубокого обучения позволяет повысить точность и скорость сканирования, снижая вероятность человеческой ошибки. Описаны компоненты системы, возможности интеграции с текущей инфраструктурой и потенциальные области её дальнейшего развития.

Ключевые слова: автоматизация, сканирование багажа, искусственный интеллект, глубокое обучение, безопасность, аэропорт, система мониторинга, нейронные сети, анализ изображений, безопасность на транспорте.

В современном мире, использование технологий искусственного интеллекта (ИИ) широко используется практически во всех сферах деятельности с целью оптимизации протекающих процессов и решения специальных задач [1–3].

Учитывая масштабы международных пассажиропотоков, ручная проверка и стандартные рентгеновские сканеры часто не справляются с объемом и качеством обработки багажа, что увеличивает риск пропуска запрещенных предметов. Внедрение автоматизированных систем на основе ИИ может существенно улучшить качество безопасности и повысить скорость обслуживания пассажиров [4].

Алгоритмы глубокого обучения становятся основным инструментом для анализа сложных визуальных данных, таких как рентгеновские изображения багажа. В контексте сканирования багажа применяются такие модели, как свёрточные нейронные сети (CNN), которые доказали свою эффективность в анализе двух- и трёхмерных изображений. CNN способны «учиться» на данных, содержащих примеры запрещенных

предметов (ножей, взрывчатых веществ, жидкостей), и распознавать их с высокой точностью.

Методы обнаружения объектов, такие как Faster R–CNN и YOLO (You Only Look Once), предлагают уникальные подходы к обработке изображений:

Типичная архитектура системы сканирования багажа на основе ИИ включает следующие компоненты [5, 6]:

- Рентгеновский сканер обеспечивает первичный источник данных для анализа. Современные сканеры могут создавать как двухмерные, так и трёхмерные изображения багажа, что облегчает точную классификацию объектов.

- Модуль предварительной обработки данных: фильтрует и подготавливает изображения для анализа, улучшая качество данных,

- Модуль ИИ включает в себя модель глубокого обучения, которая обучена на большом количестве изображений багажа и данных о запрещенных предметах..

- Интерфейс оператор: отображает обработанные изображения и выводы системы, позволяя операторам проверять результаты и принимать решения на основе рекомендаций ИИ.

Процесс работы системы выглядит следующим образом: рентгеновский сканер передает изображение в модуль обработки, который очищает данные и передает их в нейросетевой модуль ИИ. Там изображение анализируется, и, если система обнаруживает запрещенные предметы, оператор получает оповещение. Эта схема снижает нагрузку на персонал и минимизирует количество ошибок, вызванных человеческим фактором.

Преимущества метода:

1. Точность распознавания: алгоритмы глубокого обучения обладают высокой точностью, что снижает вероятность пропуска угроз и минимизирует ложные срабатывания.

2. Скорость обработки: современные алгоритмы, такие как YOLO, обрабатывают данные практически мгновенно, что значительно сокращает время проверки багажа.

3. Минимизация человеческого фактора: система работает без влияния человеческого фактора, что важно при проверке больших объемов багажа, особенно в часы пик.

Ограничения метода:

1. Для эффективной работы системы требуется большой объем тренировочных данных с изображениями, содержащими различные типы

запрещенных предметов.

2. Высокая стоимость внедрения и содержания, что требует от организаций серьезных финансовых вложений.

3. Для повышения точности система требует регулярных обновлений и периодического обучения с учетом новых типов угроз

Таким образом, в целом внедрение автоматизированной системы сканирования багажа на основе ИИ представляет собой значительный шаг к повышению безопасности в транспортной инфраструктуре. Использование технологий ИИ позволяет оптимизировать процесс досмотра, улучшить качество и скорость обслуживания пассажиров и снизить нагрузку на персонал.

Вывод: в статье описаны современные технологии, такие как глубокое обучение и нейронные сети (включая модели Faster R-CNN и YOLO), которые способны значительно повысить точность и скорость обработки рентгеновских изображений багажа. Научная новизна работы заключается в интеграции методов ИИ для минимизации человеческого фактора в процессе сканирования багажа, что является важным шагом в повышении безопасности и эффективности транспортной инфраструктуры. Авторы систематизировали ключевые компоненты системы, выделили её преимущества и ограничения, предложив перспективные направления для дальнейшего развития и усовершенствования системы.

Источники

1. Будникова И.К., М.Г. Матвеев. Динамика развития рынка технологий искусственного интеллекта // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2022. № 1 (27). С. 92 – 93.

2. Будникова И.К., Абдуллина Н.М., Приймак Е.В. Разработка программного обеспечения для автоматизированной системы обработки видеоматериалов // Вестник Технологического университета. 2024. Т. 27. № 3. С. 84–89

3. Хамидуллин С.А , Будникова И.К. Применение алгоритмов машинного обучения для решения задач классификации при обработке текстовых комментариев //Вестник Технологического университета. 2024. Т. 27. № 10. С. 89–94.

4. Иванов И.И. Искусственный интеллект и безопасность // Безопасность и технологии. 2021. №3. С. 10–15.

5. Петров П.П., Сидоров С.С. Автоматизация сканирования: решения и вызовы // Транспортные системы. 2022. Т. 11, №2. С. 200–210.

6. Сидорова М.М. Применение нейронных сетей для анализа рентгеновских изображений // Технологии безопасности. 2023. №1. С. 100–110.

РАЗВИТИЕ КОНКУРЕНЦИИ НА РЫНКЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Кусяпкулова М. Н., Майорова А. А.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

madina.kusyapkulova@gmail.com, cukseevaanastasia@gmail.com

Науч.рук. Филина О.В.

В данной статье идёт речь о конкурентных отношениях в области электроэнергетики, которые могут стать двигателем внедрения инноваций и новых технологий, а также стимулом для увеличения инвестиционной привлекательности сектора. Анализируются основные преимущества конкуренции, её проблемы и вызовы, предлагаются некоторые перспективные направления для стимулирования конкуренции.

Ключевые слова: электроэнергетика, отраслевое законодательство, развитие конкуренции, структура рынка, энергетическая политика.

Конкуренция на рынке электроэнергетики является ключевым фактором, способствующим повышению эффективности, снижению цен и улучшению качества услуг для потребителей [1]. Она представляет собой соперничество между различными производителями и поставщиками электроэнергии за долю рынка и привлечение клиентов. Конкуренция может быть как внутриотраслевой (между различными компаниями, работающими в одной отрасли), так и межотраслевой (между компаниями из разных отраслей, например, между газовыми и электрическими компаниями). В настоящее время развитие отрасли во многом связывается с совершенствованием конкуренции на рынках. Так, в Федеральном законе «Об электроэнергетике» [2] определяется, что меры государственного регулирования применяются при наличии:

- дефицита электроэнергии в границах какой-либо территории;
- технологически изолированных территориальных электроэнергетических систем

Развитие конкуренции на рынке электроэнергетики имеет ряд преимуществ:

- Снижение цен на электроэнергию для конечных потребителей за счёт увеличения предложения и снижения издержек производства.

- Повышение качества предоставляемых услуг благодаря конкуренции между поставщиками.

— Стимулирование инноваций и внедрение новых технологий в производство и распределение электроэнергии.

— Увеличение инвестиционной привлекательности отрасли за счёт создания более предсказуемых и стабильных условий для бизнеса.

Тем не менее, конкуренции на рынке электроэнергетики сталкивается с рядом вызовов и проблем, таких как высокие первоначальные затраты на создание необходимой инфраструктуры и модернизацию существующих мощностей, необходимость обеспечения надежности и безопасности энергоснабжения при одновременном снижении цен [3], сложность регулирования и контроля за деятельностью различных участников рынка, а также риск монополизации рынка крупными участниками.

Для дальнейшего стимулирования конкуренции важно преодолеть текущие проблемы и вызовы. Перспективные направления включают:

— Диверсификацию источников энергии с акцентом на увеличение доли возобновляемых ресурсов. С переходом к более устойчивым формам энергии, таким как солнечная и ветровая, открываются новые возможности для конкуренции. Разнообразие источников позволяет снизить зависимость от традиционных углеводородов и способствует появлению новых участников на рынке.

— Цифровизацию отрасли и внедрение современных технологий. Внедрение цифровых технологий, таких как искусственный интеллект и блокчейн, может значительно повысить эффективность работы рынка. Умные сети могут улучшить управление спросом и предложением, а также снизить затраты на передачу электроэнергии.

— Увеличение прозрачности и открытости работы энергетических компаний. Реформа законодательства с целью упрощения доступа на рынок для новых участников и создания справедливых условий конкуренции может способствовать развитию сектора. Открытость и прозрачность регуляторных процессов также помогут привлечь инвестиции.

— Международное сотрудничество и обмен опытом. Сотрудничество между странами в области энергетики может привести к обмену технологиями, знаниями и ресурсами. Создание совместных проектов позволит оптимизировать использование ресурсов и повысить уровень конкуренции.

Развитие конкуренции на рынке электроэнергетики — это сложный, но необходимый процесс, который требует внимания к множеству факторов. Преодоление существующих вызовов и использование

имеющихся перспектив могут привести к созданию более эффективного, устойчивого и доступного энергетического рынка. Важно учитывать интересы всех участников процесса — от потребителей до производителей — для достижения сбалансированного развития сектора.

Источники

1. Гирева, Е. С. Антимонопольное регулирование и развитие конкуренции / Е. С. Гирева // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2021. – № 4–2(55). – С. 173–175. – DOI 10.24412/2500–1000–2021–4–2–173–175.

2. Федеральный закон "Об электроэнергетике" от 26.03.2003 N 35–ФЗ // КонсультантПлюс URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_41502/ (дата обращения: 28.10.2024).

3. Мусаев, Р. А. Итоги реформирования и перспективы развития российской электроэнергетики / Р. А. Мусаев, Ю. В. Черныш // Региональная экономика: теория и практика. – 2014. – № 29(356). – С. 11–17.

СТРАТЕГИЯ СОТРУДНИЧЕСТВА ЭНЕРГОКОМПАНИЙ В РАМКАХ СТРАН БРИКС

Лазнам З.У.А.С.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

lazlay90@gmail.com

Науч. рук. доц. Уразбахтина Л. Р.

В статье рассматриваются стратегии сотрудничества энергетических компаний стран БРИКС, нацеленные на укрепление энергетической безопасности, развитие технологий и инвестиции в инфраструктуру. Рассмотрены основные вызовы, совместные проекты и обмен технологиями, которые помогают странам БРИКС укреплять энергетическую независимость и двигаться к устойчивому развитию.

Ключевые слова: БРИКС, энергетика, возобновляемая энергия, инвестиции, экологическая устойчивость.

Страны БРИКС занимают значимое место на мировом энергетическом рынке благодаря крупным природным и технологическим ресурсам. Это делает их важными игроками в сфере энергетики и способствует сотрудничеству для укрепления позиций. Основные направления включают обеспечение энергетической безопасности, технологическое сотрудничество, инвестиции в инфраструктуру и совместную работу над декарбонизацией [1]. В частности, страны БРИКС уделяют внимание таким вопросам, как повышение эффективности использования энергоресурсов, улучшения структуры энергопотребления и развития «зеленой» и экологически чистой энергии [**Error! Reference source not found.**, с. 34].

Энергетическая безопасность остаётся приоритетом для БРИКС, так как страны блока зависят от стабильных поставок ресурсов. Россия и Бразилия, будучи экспортёрами нефти и газа, поддерживают тесные связи с Китаем и Индией, крупными импортёрами этих ресурсов, и развивают энергетические коридоры для стабильных поставок.

Страны БРИКС активно развивают возобновляемую энергетику, что делает технологическое сотрудничество важным. Китай, лидер в солнечной и ветровой энергетике, делится технологиями с партнёрами по БРИКС, способствуя переходу к «зеленой» энергетике. Обмен

технологиями хранения энергии, водородной энергетики и умных сетей помогает странам укрепить свои энергетические системы.

Новый банк развития (НБР) [3], созданный БРИКС, стал важным источником финансирования для энергетических проектов. Инвестиции НБР направлены на модернизацию сетей и создание логистических цепочек, укрепляя позиции блока на мировой арене и снижая зависимость от западных финансовых институтов.

Снижение выбросов углерода также важно для БРИКС. Китай активно развивает проекты в экологически чистой энергетике, подавая пример Индии и Южной Африке, которые продолжают зависеть от угля. Совместное сотрудничество позволяет странам найти баланс между энергетической безопасностью и экологическими целями.

Несмотря на достижения, страны БРИКС сталкиваются с рядом вызовов. Китай и Россия обладают более развитой энергетической инфраструктурой, тогда как Индия и Южная Африка нуждаются в модернизации сетей и дополнительных инвестициях.

Политические и экономические различия затрудняют координацию стратегий. Внутренние цели стран и различия в подходах к энергетике создают сложности для согласованного подхода к проектам, а зависимость от углеводородов добавляет рисков для выполнения климатических обязательств. Несмотря на трудности, сотрудничество БРИКС открывает большие возможности. Китай может помочь партнёрам развивать устойчивую энергосистему с низкими выбросами, а создание исследовательских центров ускорит разработку передовых технологий. Совместные проекты помогут укрепить энергетическую независимость стран.

Итак, объединяя свои усилия страны БРИКС стремятся проложить путь к устойчивому развитию. Их приверженность принципам устойчивого развития в сфере энергетики и обмену знаниями в соответствии с ЦУР и Парижским соглашением может внести значительный вклад в достижение международных целей и привести мир к более устойчивому и процветающему будущему [4].

Сотрудничество в энергетике остаётся важным элементом, и на согласованном подходе позволит странам БРИКС адаптироваться к изменениям на мировом рынке и укрепить свои позиции.

Источники

1. Жалмаганбетова, С. Т. Внешняя энергетическая политика России в условиях трансформации международных отношений / С. Т.

Жалмаганбетова // Тинчуринские чтения - 2024 "Энергетика и цифровая трансформация": Материалы Международной молодежной научной конференции, Казань, 24–26 апреля 2024 года. – Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2024. – С. 358-361. – EDN BLNUTC.

2. Чжоу Цайцюань. Сотрудничество стран – членов БРИКС в контексте производства и потребления энергетических ресурсов. / Журнал «Инновации и инвестиции». – 2020 – № 8. – С. 34–38.

3. BRICS Energy Transition. Skills Report 2023 [Электронный ресурс]. // Mission Impact. URL: <https://impact-mission.org/insights/brics/> (дата обращения: 25.10.2024)

4. New Development Bank [Электронный ресурс]. URL : <https://www.ndb.int/> (дата обращения: 25.10.2024)

ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ОЦЕНКЕ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Латфуллина Г.Э.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

gulnazlatf@yandex.ru

Науч. рук. доц. Юдина Н.А.

В данной статье описывается влияние инвестиций и важность эффективной инвестиционной политики, а также выявим и проанализируем ключевые направления в оценке инвестиционных проектов энергетического сектора.

Ключевые слова: энергетика, подходы, экономика, инвестиционные проекты.

Энергетика занимает центральное место в стабильном экономическом росте России, а её развитие всегда было важным направлением, поскольку динамичное развитие энергетического сектора обеспечивает стране конкурентные преимущества. Строительство новых энергетических объектов является одним из основных факторов, способствующих обеспечению энергетической безопасности, увеличению валового внутреннего продукта и развитию национальной экономики в целом. Государство также создает условия для бесперебойной работы энергетических объектов [1].

В российской энергетике активно применяется проектное финансирование, что способствует заинтересованности участников в реализации проектов и их прибыльности. В условиях внешнего санкционного давления грамотная инвестиционная политика и привлечение средств для проектного финансирования энергетических объектов остаются важной задачей [2].

Инвестиции в этот сектор требуют значительных капиталовложений из-за использования уникальных технологий и оборудования, что, в свою очередь, оказывает положительное влияние на социально-экономическое развитие и способствует повышению научно-технического потенциала экономики. Крупные проекты способствуют экономическому росту, увеличению бюджетных доходов и созданию рабочих мест, что помогает снизить социальную напряженность. Их реализация сопряжена с высокими капитальными затратами, экологическими аспектами и социальной ответственностью [1, 2].

Особенности реализации инвестиционных проектов в энергетическом секторе:

1. Высокие капитальные вложения. Инвестиции в энергетику требуют значительных финансовых затрат, что делает проекты более чувствительными к изменениям на рынке и подчеркивает необходимость тщательной оценки рисков.

2. Долгосрочные сроки. Энергетические проекты, как правило, имеют длительные сроки реализации, что требует учета множества факторов, обуславливающих необходимость использования динамических моделей для оценки.

3. Регуляторные требования. Энергетический сектор подвергается строгому регулированию со стороны государственных органов, что создает дополнительные риски для инвесторов и требует от них глубокого понимания правовой среды.

4. Экологические факторы. Соблюдение экологических норм и стандартов требует дополнительных ресурсов и затрат.

5. Социальная ответственность. Учет социальных факторов также важен для успешной реализации инвестиционных проектов.

Реализация крупных инвестиционных проектов в энергетике и инфраструктуре оказывает значительное влияние на экономику, способствуя экономическому росту, увеличению налоговых поступлений и созданию новых рабочих мест, что снижает социальную напряженность и снижает цены на электроэнергию. Быстрый экономический рост повышает уровень жизни и улучшает различные сферы общества [3].

Приоритетными направлениями в оценке инвестиционных проектов в энергетическом секторе являются [4, 5]:

1. Устойчивое развитие и ESG–критерии. Внедрение принципов устойчивого развития и учета влияния проектов на экологию и общество требует разработки новых методов оценки, помимо финансовых показателей.

2. Инновационные технологии. Использование технологий, таких как искусственный интеллект и большие данные, повышает точность анализа рисков и оптимизирует процессы принятия решений.

3. Долгосрочные прогнозы. Оценка проектов все чаще основывается на долгосрочных прогнозах, учитывающих изменения в рыночной среде и законодательстве, что позволяет лучше оценивать их жизнеспособность.

4. Гибкость подходов. Важно адаптировать модели оценки к новым условиям и использовать сценарный анализ для оценки различных вариантов развития.

5. Глобализация рынков. Инвесторы должны учитывать международные стандарты и конкуренцию, что требует новых знаний и навыков для анализа глобальных рынков.

6. Учёт интересов заинтересованных сторон. Оценка должна учитывать интересы всех сторон: инвесторов, государства, населения и экологических организаций, что требует разработки соответствующих методов.

Таким образом, можно сказать, что приоритетные направления к оценке инвестиционных проектов в энергетическом секторе способствуют повышению эффективности инвестиций и устойчивому развитию отрасли.

Источники

1. Харитонов Ю. Н., Панков Е. Д. Особенности реализации инвестиционных проектов в энергетической отрасли // Экономика и бизнес: теория и практика. 2022. №1–2. URL: <https://clck.ru/3ECVuyq> (дата обращения: 07.11.24).

2. Ковальчук А.А. Механизм проектного финансирования инвестиционных проектов в энергетике // Universum: экономика и юриспруденция. 2022. №6 (93). URL: <https://clck.ru/3ECVzg> (дата обращения: 08.11.24).

3. Волоцкой–глинский П. А., Агаев И. А. Реализация инвестиционных проектов в энергетической отрасли и ее мультипликационные эффекты в масштабах экономики государства // Инновации и инвестиции. 2023. №4. URL: <https://clck.ru/3ECW29> (дата обращения: 09.11.24).

4. Максимцев И.А., Костин К.Б., Онуфриева О.А. Современные тенденции развития цифровизации в мировой энергетике // Вопросы инновационной экономики. – 2023. – Том 13. – № 2. – С. 1087–1104.

5. Nikolaeva E.K., Yudina N.A., Dunaeva T.U., Livshits S.A., Enikeeva S.R. Economic indicators improvement due to the introduction of energy-efficient technologies // E3S Web of Conferences. 2019 International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems, SES 2019. 2019. С. 05045.

ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ В ТЕХНОЛОГИЯХ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

Михеев А.С.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия,

andrey.kirov23@mail.ru

Науч. рук. доц. Зарипова Р.С.

Современные информационные технологии стремительно развиваются и находят применение в различных сферах, включая образование. Одним из наиболее перспективных направлений является использование виртуальной реальности (VR) в учебных процессах, особенно в условиях дистанционного обучения. Дистанционное обучение стало особенно актуальным в последние годы, когда массовый переход на онлайн-форматы обучения потребовал новых решений для повышения эффективности образовательного процесса. Статья посвящена исследованию применения технологий виртуальной реальности в дистанционном обучении и анализу их влияния на качество учебного процесса.

Ключевые слова: виртуальная реальность, дистанционное обучение, технологии образования, VR в образовании, интерактивное обучение.

Виртуальная реальность представляет собой инновационное решение для расширения возможностей дистанционного обучения, позволяя моделировать сложные научные эксперименты, виртуальные лаборатории, инженерные задачи и другие активности, которые невозможно реализовать в рамках традиционных онлайн-курсов.

Цель данной работы – исследовать применение технологий виртуальной реальности в дистанционном обучении и оценить их влияние на качество учебного процесса. В ходе исследования анализируются существующие решения и подходы, выявляются их преимущества и недостатки, а также рассматриваются возможности интеграции VR в образовательные платформы.

Применение виртуальной реальности в дистанционном обучении демонстрирует значительное увеличение вовлеченности и мотивации студентов. VR позволяет погружать учащихся в учебный материал через иммерсивные среды, где они могут активно взаимодействовать с объектами, что особенно эффективно для практических дисциплин, таких как медицина, инженерия или естественные науки. Например, студенты

могут участвовать в виртуальных лабораторных работах, моделировать физические процессы или изучать анатомию человека через 3D–модели, что повышает качество усвоения материала.

Среди главных преимуществ использования VR в дистанционном обучении можно выделить:

- иммерсивность (виртуальная реальность позволяет создать эффект полного погружения, что усиливает восприятие материала и делает обучение более реалистичным);
- интерактивность (студенты могут взаимодействовать с объектами в учебной среде, что способствует лучшему пониманию теоретических и практических аспектов);
- практическая направленность (с помощью VR можно реализовать такие учебные процессы, которые невозможны или сложны в реальной жизни (например, сложные химические эксперименты или операции)).

Однако существует ряд проблем, связанных с интеграцией виртуальной реальности в дистанционное обучение:

- высокие технические требования (для полноценного использования VR необходимы мощные устройства и стабильное интернет–соединение, что не всегда доступно всем студентам);
- высокая стоимость оборудования (шлемы виртуальной реальности и сопутствующее оборудование остаются дорогостоящими, что ограничивает их массовое использование в образовательных учреждениях);
- технические сложности (внедрение VR требует высокой квалификации IT–специалистов и создания специализированного контента, что также требует значительных финансовых и временных ресурсов).

Интеграция технологий виртуальной реальности (VR) в образовательные платформы предоставляет новые возможности для создания интерактивных учебных сред. Такие платформы могут поддерживать интеграцию VR–модулей, позволяя студентам участвовать в виртуальных симуляциях и лабораториях в рамках существующих онлайн–курсов. Это может быть реализовано через специальные плагины или приложения, синхронизирующиеся с образовательными системами (LMS), что позволяет адаптировать учебные материалы и задания под иммерсивные VR–опыты. Такой подход не только обогащает образовательный процесс, но и делает его более доступным и гибким для всех участников.

Рассмотренные примеры применения VR показывают, что несмотря на технические и организационные сложности, виртуальная реальность

может стать эффективным инструментом в системе дистанционного обучения. В условиях непрерывного роста технологий и удешевления оборудования, можно ожидать, что в ближайшие годы VR займет более значимое место в образовательных процессах.

Таким образом, можно сказать, что виртуальная реальность обладает большим потенциалом для улучшения дистанционного обучения, обеспечивая более глубокое погружение в учебный материал и интерактивное взаимодействие с объектами и процессами. Однако, для успешного внедрения VR в образовательные системы требуется разрешение ряда технических и организационных вопросов. Несмотря на существующие трудности, VR технологии могут стать мощным инструментом, который позволит модернизировать образовательный процесс и сделать его более доступным и эффективным.

В качестве перспектив следует отметить, что дальнейшие исследования должны быть направлены на решение проблем доступности оборудования, создание универсальных платформ для обучения с использованием VR и разработку методических рекомендаций для преподавателей. Также необходимо исследовать влияние VR на долгосрочную мотивацию студентов и эффективность усвоения сложных дисциплин в дистанционном формате.

Источники

1. Герасимова В.Г., Романова Ю.Д., Дьяконова Л.П. Цифровое образование. Модели, платформы и технологии: монография. Москва: Русайнс, 2019. 145 с. URL: <https://book.ru/book/933014> (дата обращения: 19.10.2024).
2. Мусиенко, С.О., Цифровизация образования: тенденции, проблемы, перспективы: монография / С.О. Мусиенко, Д.А. Егорова, Л.Е. Хрустова, Е.В. Корнилова. Москва: КноРус, 2022. 162 с. URL: <https://book.ru/book/943646> (дата обращения: 19.10.2024).
3. Вяткина, Е.О., Организация внутреннего контроля в системе дистанционного образования высших учебных заведений: монография / Е.О. Вяткина, А.А. Ситнов. Москва: Русайнс, 2021. 176 с. URL: <https://book.ru/book/939883> (дата обращения: 20.10.2024).
4. Никитина У.О., Зарипова Р.С. Проблемы и перспективы применения технологий виртуальной реальности / Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2020. № 2 (20). С. 81–83.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ДАТЧИКИ МОНИТОРИНГА ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ В ВЫСОКОВОЛЬТНОМ ОБОРУДОВАНИИ

Муглетдинов Р.Р., Сабитов А.Х.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
sadoburm@gmail.com, sabitov_ah@mail.ru

Аннотация: В данной статье представлен сравнительный анализ интеллектуальных датчиков мониторинга частичных разрядов в высоковольтном оборудовании

Ключевые слова: Интеллектуальный датчик, диагностика, система мониторинга, устройство, частичный разряд.

Высоковольтное оборудование испытывает значительное воздействие мощных электрических, электромагнитных и тепловых полей, а также электродинамических нагрузок. Это делает электроаппаратуру склонной к образованию дефектов, неисправностей и отказов. Основная задача диагностических систем заключается в прогнозировании неисправностей и сокращении времени, необходимого для обслуживания [1, 2].

На данный момент на рынке появились современные интеллектуальные датчики, созданные для мониторинга состояния изоляции высоковольтного оборудования. Эти устройства совмещают функции регистрации частичных разрядов с обработкой данных, используя встроенную экспертную систему [3]. Автоматизированные возможности данной техники помогают решать несколько первоочередных задач, таких как:

- Оценка современного технического состояния и выявление проблем в контролируемой изоляции.
- Определение типов дефектов, вызывающих частичные разряды, а также анализ их степени и потенциальной угрозы для дальнейшей эксплуатации оборудования.
- Создание оптимальных сроков и объемов ремонтных работ на основе автоматически формируемой адаптивной цифровой модели.

На данный момент на рынке преобладают интеллектуальные датчики компаний Dimrus, OMICRON, Qualitron [4].

Компания Dimrus представляет интеллектуальное устройство для силовых трансформаторов под брендом Smart-PD2. Эффективность работы датчика основывается на анализе параметров адаптивной цифровой модели изоляционной системы. Этот интеллектуальный датчик стал современным и продуктивным аналогом громоздких систем мониторинга частичных разрядов, которые обычно используются для контроля технического состояния [5].

В результате работы экспертной системы датчика Smart-PD2 предоставляется информация о наиболее оптимальных сроках для проведения сервисного и ремонтного обслуживания, а также данные о выявленных дефектах. Эта информация ориентирована на эффективное использовать силовой трансформатор.

Компания Qualitron предлагает систему непрерывного мониторинга 609 PDM. Система использует технологии сверхвысоких частот для непрерывного анализа эффективности изоляции в силовых трансформаторах и позволяет провести корректирующие мероприятия до возникновения сбоя. Информация, получаемая системой, используется для принятия решений по обслуживанию на основе данных о состоянии для оптимизации эксплуатационных расходов [6, 7].

Периодическая онлайн-оценка состояния изоляции марки MONTESTO 200 предлагается компанией OMICRON. MONTESTO 200 — это портативное решение для периодического онлайн-мониторинга ЧР. Принцип действия основан на измерении кажущегося заряда импульсов ЧР с помощью ёмкостных и индуктивных датчиков, детектора частичных разрядов и цифрового осциллографа, реализованного программно на персональном компьютере (ПК).

Интеллектуальное устройство предлагаемое кампанией Dimrus превосходит своих конкурентов по ряду характеристик:

- Инновационное устройство
- Широкий спектр функций
- Гибкость, данное устройство может использовано с другими системами мониторинга и управления.
- Уникальная экспертная система
- Компактность

Источники

1. Объем и нормы испытаний электрооборудования. РД 34.45–51.300–97. – М.: изд-во НЦ «ЭНАС», 2000, 256 с.

2. MONESTO 200 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.omicronenergy.com/ru/products/montesto-200/> (Дата обращения: 24.06.2024)

3. Методические указания по диагностике развивающихся дефектов трансформаторного оборудования. РД 153–34.0–46.302–00. – М.: ОАО «ВНИИЭ», 2001, 41 с.

4. 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. –

5. Система для мониторинга силовых трансформаторов с литой изоляцией с рабочим напряжением 6–10 кВ [Электронный ресурс]. <https://dimrus.ru/tdms.html> (дата обращения: 25.10.2024).

6. Воркунов, О. В. Построение комплексной системы диагностического мониторинга силового трансформатора / О. В. Воркунов, Д. Ф. Ахметшин // Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации: сборник статей XIX Международной научно–практической конференции: в 2 ч. Часть 1. – Пенза: "Наука и Просвещение" (ИП Гуляев Г.Ю.), 2019. – С. 152–153.

7. Мониторинг и диагностика маслонеполненных силовых трансформаторов и трансформаторов с литой изоляцией с напряжением 6÷35 кВ [Электронный ресурс]. https://dimrus.ru/texts/trans_mon_6_35.html (дата обращения: 28.10.2024).

РИСКИ КРЕДИТОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Мухаматдинова Л. А.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия
Azatovna310306@mail.ru
Науч. рук. доц. Уразбахтина Л.Р.

В тезисе предложен анализ ключевых рисков, связанных с кредитованием предприятий электроэнергетики. В нем рассматриваются факторы, усложняющие кредитование этой отрасли и создающие определенные вызовы для кредиторов.

Ключевые слова: электроэнергетика, кредитование, риск, финансовое состояние, управление, бизнес.

В современном мире электроэнергетика играет ключевую роль в жизни общества. От стабильной работы предприятий этой отрасли зависит не только функционирование промышленности и сельского хозяйства, но и комфорт и безопасность миллионов людей. Для эффективной работы предприятий электроэнергетики нужны большие финансовые вложения. Для продвижения компании приходится привлекать заемные средства, которые помогут приобрести новое оборудование, увеличить производственные мощности, реализовать программы по увеличению прибыли предприятий электроэнергетики. Однако любые отрасли не застрахованы от финансовых рисков, которые могут негативно повлиять на ее стабильность и развитие.

Риски кредитования предприятий электроэнергетики – это группа рисков, связанных с предоставлением кредитов компаниям, работающим в энергетическом секторе. Кредитование является важным инструментом развития отрасли, но этот сектор обладает своими специфическими особенностями, которые формируют уникальный набор рисков для кредиторов [1].

Можно выделить риски, связанные с инфраструктурой. Инвестиции в электроэнергетику требуют значительных капитальных вложений. Нужны финансы на построение электростанций, обновление сетей. Если компания не может получить достаточное финансирование или столкнется с непредвиденными расходами, это может привести к финансовым проблемам и невозможности обслуживать кредит, так как на восстановление этих построений также нужны средства.

Дальше можно выделить риски, связанные с рынком, который взаимодействует с предприятиями электроэнергетики. Цены на уголь, газ, нефть могут сильно колебаться, влияя на себестоимость производства электроэнергии и прибыльность предприятия. Спад в экономике или изменения в поведении потребителей могут привести к снижению спроса на электроэнергию и ухудшить финансовое положение компании. То есть рынок спроса и предложения также имеет влияние на финансовое положение компании. Если возникнут трудности, появятся и сложности для оплаты кредита.

Не менее важными можно выделить операционные риски на предприятии. Они также имеют влияние на финансовое положение компании. Главные из них это риски аварий и катастроф. Аварии на электростанциях, отключения электричества могут привести к значительным убыткам и нарушить работу предприятия. В этом плане есть большие риски, так как они могут произойти в любое время, в этот момент у компании и так могут быть проблемы в финансах. Ко всему этому нельзя заранее подготовиться, поэтому это создает огромные трудности в финансовой части для предприятия [2].

Можно отдельно выделить стихийные бедствия. В любой момент могут произойти экстремальные погодные явления, которые увеличат риск аварий и катастроф. Кроме этого предприятия электроэнергетики приносят вред окружающей среде. Несоблюдение экологических норм может привести к значительным штрафам, которые могут подорвать финансовую устойчивость компании. Поэтому важно учитывать расположение станций. Есть вариант поставить специальные конструкции для того, чтобы выход вредных веществ в природу был меньше, но для этого также нужны средства.

Также могут возникнуть проблемы, которые зависят от персонала предприятия. Неэффективное управление может привести к нерациональному использованию средств, недополучению прибыли и ухудшению финансового положения компании. Из-за этого больше денежных средств уйдет на элементы для производства, они будут расходоваться нерационально, впоследствии чего прибыль будет значительно меньше заявленного. Могут также начаться финансовые проблемы, из-за которых не будет возможности оплачивать кредит.

На финансовое состояние предприятий может повлиять геополитическое состояние. Политическая нестабильность в стране, где работает предприятие, может привести к остановке производства, отключениям электроэнергии, национализации активов.

Финансовое положение предприятий электроэнергетики, как и любая другая отрасль, подвержены влиянию различных финансовых рисков, которые могут существенно повлиять на их устойчивость и

рентабельность. В заключение, необходимо отметить, что финансовые риски, с которыми сталкиваются предприятия электроэнергетики, являются сложными и многогранными. Отсутствие грамотного управления рисками может привести к негативным последствиям [3].

Кредитование предприятий электроэнергетики является важным элементом развития этой отрасли, однако оно сопряжено с значительным количеством рисков. В данной статье были рассмотрены ключевые риски.

Ограничения в сфере цен, тарифов и доступов к сетям могут ограничивать финансовую гибкость предприятий и увеличивать риски неплатежеспособности. Изменения в государственной политике могут привести к нестабильности доходов предприятий и увеличить риски невыполнения кредитных обязательств. Ужесточение экологических норм и стандартов может привести к дополнительным затратам на модернизацию оборудования и снижение прибыли. Международные конфликты, санкции и другие геополитические факторы могут оказать значительное влияние на финансовую стабильность компании и также увеличить риски неплатежеспособности. Кроме этих, риски может создавать внутренняя система компании, это персонал, инфраструктура и финансовое состояние предприятия.

Кредитование предприятий электроэнергетики необходимо проводить с особой осторожностью и тщательным анализом всех рисков. Кредиторы должны быть максимально осведомлены об особенностях этого сектора и использовать все доступные инструменты для управления рисками.

Источники

1. Конькин Д. А. Управление рисками в энергетических компаниях // Экономика и современный менеджмент: теория и практика: сб. ст. по матер. XXXIV междунар. науч.–практ. конф. № 2(34). — Новосибирск: СибАК, 2014.

2. Ибрагимова, Л. А. Оптимизация системы управления рисками для повышения финансовой устойчивости предприятия / Л. А. Ибрагимова // XXVI Всероссийский аспирантско–магистерский научный семинар, посвященный дню энергетика : материалы докладов : в 3 т., Казань, 06–07 декабря 2022 года. Том 3. — Казань: Казанский государственный энергетический университет, 2023. — С. 288–291.

3. Крючкова, В. Н. Особенности управления рисками в электроэнергетике / В. Н. Крючкова. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2017. — № 15 (149). — С. 412–414.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

Мухаметзянов И. И.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

Ilnaz.mmm@mail.ru,

Науч. рук. доц. Будникова И. К.

В статье рассмотрена проблема прогнозирования курса рубля к доллару, важная для эффективного управления валютными рисками и принятия стратегических решений. Сложность прогнозирования курсов валют объясняется высокой нестабильностью и непредсказуемостью рынка. В данном исследовании предлагается решение с использованием нейронных сетей LSTM и GRU, которые показали способность к адаптации в условиях нестабильных данных. Исследование показало, что нейросетевые модели позволяют улучшить точность прогнозирования валютного курса, снижая степень неопределенности в принятии решений.

Ключевые слова: анализ временных рядов, нейронные сети, прогнозирование, моделирование

Современные нейронные сети успешно используются во многих областях – информационные технологии, бизнес, медицина, геология и другие. В настоящее время нейронные сети вошли в практику везде, где это необходимо для решения задач прогнозирования, распознавания образов, классификации или контроля.

Так в работе, рассматриваются нейросетевые технологии моделирования прогноза электропотребления в условиях рынка [1]. Авторы демонстрируют применение алгоритмов машинного обучения для решения задач классификации при обработке текстовых комментариев [2].

В данной статье исследуются возможности применения рекуррентных нейронных сетей для прогнозирования динамики изменения курса рубля к доллару. Курс рубля к доллару является одним из наиболее важных экономических индикаторов, напрямую влияющим на финансовую и хозяйственную деятельность, на управление рисками и на принятие стратегических решений. Проблема точного прогнозирования курса валют актуальна, так как традиционные методы часто не могут точно спрогнозировать курс в условиях рыночной нестабильности и ограничены в учете сложных зависимостей.

Для решения задачи прогнозирования курса валют были выбраны две нейросетевые модели: LSTM и GRU. Эти модели основаны на архитектуре рекуррентных нейронных сетей (RNN) и предназначены для эффективного анализа временных последовательностей [3].

LSTM (Long Short-Term Memory) — это разновидность RNN, разработанная для преодоления проблемы "исчезающего градиента", которая мешает обучению стандартных RNN на длинных временных последовательностях. Основное отличие LSTM — наличие механизмов "входных", "выходных" и "забывающих" ворот. Ворота — это элементы в ячейке сети долговременной кратковременной памяти (LSTM). Они позволяют контролировать, какие данные будут сохраняться, а какие — забываться.

GRU (Controlled Recurrent Units) – управляемые рекуррентные блоки, которые являются упрощенной версией LSTM и также может быть использована для прогнозирования временных рядов в банковской сфере [3]. GRU потребляет меньше ресурсов, чем LSTM, но при этом сохраняет высокую точность, что делает её эффективной для задач прогнозирования на более коротких интервалах времени или при ограниченных вычислительных мощностях.

Для большей наглядности продемонстрируем работу нейронных сетей на практике. Данные были взяты с официального сайта ЦБ РФ за последний год [4]. После загрузки данные сортируются по дате, и столбец даты приводится к типу *datetime*, что обеспечивает корректное отображение хронологии. Затем производится нормализация данных с использованием *MinMaxScaler* из *sklearn.preprocessing*, чтобы значения находились в диапазоне от 0 до 1. Это важно для нейросетей, так как нормализованные данные позволяют модели быстрее сходиться и повышают точность.

nominal	data	curs	nominal	data	curs
1	22.07.2023	90,3846	101	09.12.2023	91,6402
2	25.07.2023	90,4890	102	12.12.2023	90,9846
3	26.07.2023	90,0945	103	13.12.2023	90,2158
4	27.07.2023	90,0468	104	14.12.2023	89,8926
5	28.07.2023	90,0225	105	15.12.2023	89,6741
6	29.07.2023	90,9783	106	16.12.2023	89,6966
7	01.08.2023	91,5923	107	19.12.2023	90,4162
8	02.08.2023	91,7755	108	20.12.2023	90,0870
9	03.08.2023	92,8410	109	21.12.2023	90,4056
10	04.08.2023	93,7792	110	22.12.2023	91,7062
11	05.08.2023	94,8076	111	23.12.2023	91,9389
12	08.08.2023	96,5668	...		
13	09.08.2023	96,0755	315	23.10.2024	96,5918
14	10.08.2023	97,3999	316	24.10.2024	96,6379
...			317	25.10.2024	96,7402
100	08.12.2023	92,5654	318	26.10.2024	96,6657

Рис 1. Исходные данные

Для прогнозирования мы используем две модели: LSTM и GRU, реализованные в библиотеке *Keras*. Модель LSTM содержит «ячейки памяти», которые помогают ей запоминать информацию на долгие периоды, что важно для сложных временных зависимостей [5]. GRU работает аналогично, но имеет более простую архитектуру, что делает её быстрее в обучении.

Далее рассчитывается среднеквадратичная ошибка (MSE) между реальными и предсказанными значениями. MSE является важной метрикой для оценки модели, так как показывает, насколько сильно предсказания отклоняются от фактических значений.

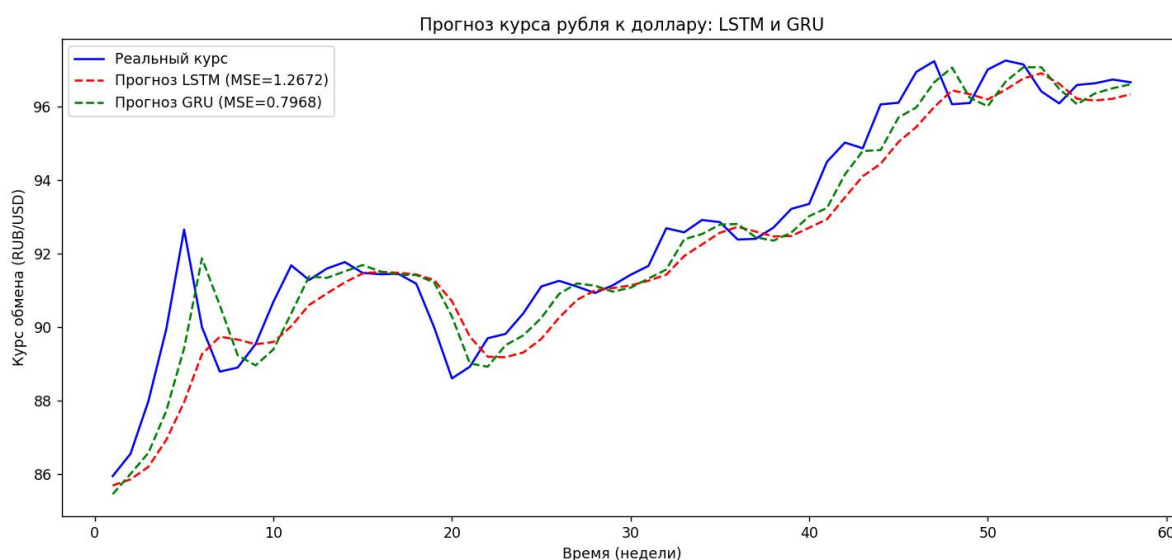


Рис 2. Результаты моделирования

Нейронные сети, такие как RNN, LSTM и GRU, способны выявлять и моделировать сложные временные зависимости и обладают преимуществами при работе с большими объёмами данных и при наличии нелинейных зависимостей.

Оба алгоритма продемонстрировали способность к улавливанию временных зависимостей, что позволило моделям предсказывать общий тренд и краткосрочные колебания валютного курса. Однако анализ среднеквадратичной ошибки (MSE) показал различия в точности моделей: LSTM продемонстрировала лучшую способность к захвату долговременных зависимостей, в отличие от GRU.

Источники

1. Будникова И. К., Латыпов Т.И. Нейросетевые технологии моделирования прогноза электропотребления в условиях рынка //Вестник технологического университета. 2024. Т. 27. № 10. С. 105 –111.
2. Хамидуллин С.А., Будникова И.К. Применение алгоритмов машинного обучения для решения задач классификации при обработке текстовых комментариев // Вестник технологического университета. 2024. Т. 27. № 10. С. 120 –125.
3. Ехлаков Р.С., Судаков В.А. Прогнозирование стоимости котировок при помощи LSTM и GRU сетей // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2022. № 17. 13 с. <https://doi.org/10.20948/prepr-2022-17> [Электронный ресурс]. <https://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2022-17> (дата обращения: 28.10.2024).
4. Динамика официального курса заданной валюты. Данные о курсе рубля к доллару за последний год. Сайт ЦБ РФ. [Электронный ресурс]. https://cbr.ru/currency_base/dynamics/?UniDbQuery.Posted=True&UniDbQuery.mode=1&UniDbQuery.date_req1=&UniDbQuery.date_req2=&UniDbQuery.VAL_NM_RQ=R01235&UniDbQuery.From=22.07.2023&UniDbQuery.To=26.10.2024 (дата обращения: 28.10.2024).
5. Хайкин С. Нейронные сети. М.: Вильямс, 2006.

КИБЕРНЕТИЧЕСКОЕ СОЗНАНИЕ КАК СОЦИАЛЬНЫЙ ФЕНОМЕН XXI ВЕКА

Оленин М.М.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

olenin100040@gmail.com

Науч. рук. доц. Зарипова Р.С.

В наше время мы живем на стыке биологического и цифрового миров, и эта граница становится все более размытой благодаря стремительному развитию технологий. С появлением смартфонов, интернета и искусственного интеллекта, человечество вступило в новую эру, которая изменяет само понимание того, что значит быть человеком. В этом контексте появилась концепция «кибернетического сознания», которое отражает то, как цифровые технологии начинают влиять на восприятие реальности и идентичность современного человека.

Ключевые слова: кибернетическое сознание, социальный феномен, киберсоциализация, цифровые технологии, виртуальная реальность, киберзависимость, когнитивные процессы, информационная перегрузка, цифровая культура.

Кибернетическое сознание – это способ, которым наше восприятие мира меняется под воздействием цифровых технологий. В повседневной жизни мы все чаще оказываемся в окружении цифровой информации и виртуальных миров: от общения в социальных сетях до работы с цифровыми помощниками и навигации в интернете [1]. Постепенно человек начинает воспринимать себя как часть цифровой экосистемы. Например, наша жизнь в соцсетях становится неотъемлемой частью нашей общей идентичности, а смартфон превращается в нечто большее, чем просто инструмент – он становится посредником между нами и миром, расширяя наши возможности и меняя сам способ нашего мышления [2].

С помощью современных цифровых платформ мы можем создать множество «виртуальных я», экспериментируя с разными образами, общаясь и делая выбор в сетевом пространстве. Социальные сети, виртуальные игры и цифровые платформы позволяют людям формировать гибридные идентичности, то есть совмещать реальное и виртуальное восприятие себя [3]. В этом новом пространстве границы между «настоящим я» и цифровыми версиями нашего «я» размываются, и многие начинают задаваться вопросом: где проходит линия между реальным и

виртуальным миром? Так возникает новая цифровая культура, в которой наши идентичности зависят от того, как мы себя представляем в сети и как нас воспринимают другие.

Технологии не только дают нам больше информации, но и меняют наш подход к мышлению. Например, из-за постоянного взаимодействия с социальными сетями и интернетом наш мозг учится обрабатывать большие объемы информации быстрее, однако при этом снижается способность к концентрации и глубокому анализу [4]. Появляется так называемое кибернетическое мышление, которое основано на быстрой адаптации к новому и стремлении мгновенно получать ответы на возникающие вопросы. Этот новый тип мышления также подвержен «информационной перегрузке», когда избыток данных мешает четкому восприятию и осмыслению реальности.

С другой стороны, кибернетическое сознание имеет и отрицательные стороны, такие как зависимость от технологий [5]. Сегодня трудно представить жизнь без постоянного подключения к интернету, и многие люди испытывают чувство тревоги, оставшись без доступа к своим устройствам. Появляются новые понятия, такие как FOMO (страх упустить что-то важное) и номофобия (страх остаться без телефона), которые подчеркивают степень зависимости современного человека от цифрового окружения. Это поднимает важный вопрос: как можно сохранить критическое отношение к реальности, если большая часть нашего времени и внимания уходит на взаимодействие с виртуальным миром?

Эти изменения в сознании вызывают необходимость переосмысления некоторых этических норм. С развитием кибертехнологий возникают вопросы о защите личных данных, ответственности за действия в цифровом пространстве и моральных аспектах создания и использования технологий. В этой связи возникает задача выработки новых культурных и этических подходов, которые позволят людям осознанно взаимодействовать с цифровыми технологиями, учитывая их как возможности, так и потенциальные риски [6]. Киберэтика, например, предлагает нам задуматься о том, как контролировать свои действия в виртуальной среде и какие ценности следует учитывать при использовании цифровых инструментов.

Кибернетическое сознание – это не просто концепция, это новая реальность, которая постепенно меняет наше понимание себя и окружающего мира. Понимание кибернетического сознания и его влияния на жизнь человека является важным шагом к тому, чтобы осознанно использовать технологии, минимизируя их негативное воздействие на наше

восприятие и идентичность. В условиях стремительного технологического прогресса нам необходимо развивать новые подходы к взаимодействию с цифровым миром, которые помогут гармонично сосуществовать с этой меняющейся реальностью.

Источники

1. Кастельс М. Информационная эпоха: экономика, общество и культура. М.: ГУ ВШЭ, 2000. С. 1–3.
2. Юнгер Ю. Цифровой минимализм: как сосредоточиться в шумном мире. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2020. 192 с.
3. Турекулова А.В. Киберсоциализация как феномен современной социокультурной среды // Социология и психология. 2018. №3. С. 57–66.
4. Пырнова О.А., Зарипова Р.С. Влияние информации на молодое поколение / Социальная онтология России: сборник научных статей по докладам XIV Всероссийских Копыловских чтений. Новосибирск, 2020. С. 479–481.
5. Тихонов А.В. Цифровая культура и ее влияние на когнитивные процессы // Вестник психологии и социологии. 2020. №5. С. 112–119.
6. Харрис Т. Цифровое затмение: как технологии овладевают нашим вниманием и контролируют наше сознание. М.: Альпина Пабlishер, 2021. 240 с.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ СРЕДСТВ ГОЛОСОВОГО УПРАВЛЕНИЯ УМНЫМ ДОМОМ

Османов Г.М.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия,

gek33cr@gmail.com

Науч. рук. доц. Зарипова Р.С.

В данной статье исследуются методы обеспечения безопасности средств голосового управления в системах умного дома. Внедрение технологий голосового управления в домах повышает удобство и доступность автоматизации, однако сопряжено с рядом рисков, связанных с защитой данных и информационной безопасностью. Особое внимание уделяется анализу угроз, таких как несанкционированный доступ и уязвимости в инфраструктуре интернета вещей (IoT), и методам защиты от них, включая аутентификацию, шифрование и мониторинг аномальной активности. Статья также описывает актуальные подходы к созданию безопасных голосовых интерфейсов, способствующих повышению надежности и защищенности умных домов.

Ключевые слова: умный дом, голосовое управление, информационная безопасность, интернет вещей (IoT), киберугрозы, уязвимости.

Системы умного дома, включающие голосовые интерфейсы, стремительно развиваются, расширяя возможности автоматизации бытовых процессов и взаимодействия с устройствами. Голосовое управление умным домом, интегрируемое через технологии IoT, позволяет пользователям комфортно контролировать освещение, климатические системы, безопасность и бытовую технику [1]. Однако внедрение таких технологий несет риски, связанные с защитой персональных данных и кибербезопасностью, что делает вопросы защиты информации и предотвращения несанкционированного доступа особенно актуальными [2]. Цель данной статьи: исследовать существующие угрозы безопасности в системах голосового управления умным домом и предложить методы защиты от потенциальных киберугроз.

Ниже приведем результаты исследования уязвимостей систем с умным домом.

1. Несанкционированный доступ к сети умного дома через уязвимости. Недостаток двухфакторной аутентификации, слабые пароли и

открытые порты увеличивают вероятность злоумышленников контролировать устройства и получать данные о владельцах.

2. Перехват данных и прослушивание. Передача голосовых данных через интернет создает риск перехвата информации. Доступ к голосовым командам позволяет злоумышленнику узнавать конфиденциальные данные или, в некоторых случаях, управлять устройствами через уязвимости IoT [3].

3. Угрозы конфиденциальности. Голосовые помощники, такие как Siri и Алиса, могут записывать данные без ведома владельца, передавая их на серверы для анализа, что может привести к утечке информации и несанкционированному использованию данных в маркетинговых целях.

4. Атаки с подменой голоса (Voice Spoofing). Подмена голоса может позволить злоумышленнику подделывать команды владельца и управлять устройствами [4]. При отсутствии аутентификации по уникальным голосовым признакам система становится уязвимой [5].

5. Вредоносное программное обеспечение (ПО) и ботнеты. IoT-устройства могут стать частью ботнета, зараженного вредоносным ПО для атак DDoS и майнинга криптовалют.

6. Угрозы физической безопасности. Устройства для физической безопасности (умные замки, камеры) особенно уязвимы. Взлом системы позволяет злоумышленникам отключить защиту и повысить риск несанкционированного проникновения в дом.

7. Перегрузка сети и DoS-атаки, приводящие к сбоям в работе умных устройств, что особенно опасно для систем отопления и охраны [6].

Для эффективной защиты умного дома от множества киберугроз необходимо использовать комплексный подход, включающий аппаратные и программные решения. Внедрение ряда мер безопасности может значительно снизить риски, связанные с несанкционированным доступом, прослушкой и другими угрозами. Перечислим их.

- Многоуровневая аутентификация и надежные пароли, включая биометрию и двухфакторную аутентификацию (2FA), помогают предотвратить несанкционированный доступ. Уникальные пароли на каждом устройстве и периодическое их изменение также повысят уровень защиты.

- Шифрование голосовых данных и использование виртуальных частных сетей (VPN) для удаленного управления помогают предотвратить перехват информации. Современные устройства IoT поддерживают протоколы HTTPS и TLS, которые обеспечивают безопасное соединение и минимизируют вероятность перехвата данных злоумышленниками.

- Регулярные обновления и патчи безопасности. Обновление прошивки и программного обеспечения всех устройств умного дома помогает закрыть обнаруженные уязвимости [6].

- Устройства от проверенных производителей, прошедшие сертификацию безопасности, снижают риск эксплуатации уязвимостей. При выборе устройств рекомендуется отдавать предпочтение тем, которые поддерживают актуальные протоколы безопасности, такие как WPA3.

- Физическая безопасность устройств. Размещение камер и других устройств с доступом к интернету в безопасных зонах и ограничение к ним физического доступа уменьшает риск физического взлома.

Применение всех этих мер совместно помогает обеспечить надежную защиту от большинства существующих угроз и минимизировать риски, связанные с использованием технологий умного дома.

Стоит отметить, что эта отрасль до сих пор развивается и постоянно появляются новые способы обеспечения информационной безопасности.

Источники

1. Бельская М.А., Соколов С.В. Обеспечение безопасности «умного дома» на базе IoT технологий // Безопасность и защита информации. 2021. №3. С. 35–42.

2. Гольцов С.П. Проблемы кибербезопасности в условиях цифровизации: аспекты защиты умного дома // Вестник Томского государственного университета. 2022. Т. 67, № 1. С. 112–119.

3. Яковлев А.С. Актуальные вопросы информационной безопасности IoT-устройств // Безопасность информационных технологий. 2022. №6. С. 15–22.

4. Дронина А.А., Зарипова Р.С. Методы защиты систем аутентификации по голосу от голосового спуфинга // Цифровые системы и модели: теория и практика проектирования, разработки и применения. Материалы национальной (с международным участием) научно–практической конференции. Казань, 2024. С. 1277–1279.

5. Нгуен Фук Хау, Зарипова Р.С., Нгуен Тхи Тху. Применение технологии распознавания голоса для управления системой включения/выключения электричества в доме / Научно–технический вестник Поволжья. 2023. № 7. С. 167–170.

6. Петрова И.К., Романова О.Е. Проблемы безопасности умных домов: угрозы и пути их устранения // Сборник научных трудов конференции по информационной безопасности. 2021. Т. 4. С. 88–95.

ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЕ И ПРОБЛЕМЫ РАСЧЕТОВ ЭЛЕКТРОЕМКОСТИ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

Попов А.Е.¹, Ахметова И.Г.¹, Нурисламова А.Р.¹, Майнакский Э.М.²

¹ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

²АО «Татэнергосбыт», г. Казань, Россия

aep1312@mail.ru

В статье описаны основные подходы к использованию индикатора «потребление электрической энергии» в целях анализа экономического развития муниципальных образований субъекта РФ (на примере Республики Татарстан). Указаны варианты создания системы для такого анализа, проблемы расчета электроемкости валового муниципального продукта, альтернативные решения.

Ключевые слова: электропотребление, муниципальное образование, электроемкость, валовой муниципальный продукт, добавленная стоимость.

Потребление электроэнергии часто используется в макроэкономических сравнениях [1, 2, 3], но не на муниципальном уровне [4, 5]. Авторы ранее обосновали [13], что динамику электропотребления можно положить в основу индикативной системы оценки экономического развития муниципальных образований (МО) субъекта РФ. Апробировать систему и созданный на ее основе программный автоматизированный комплекс (ПАК) планируется на данных муниципальной статистики Республики Татарстан.

Научно–исследовательская работа выстроена по двум направлениям. Первое – формирование базы данных (БД) для ПАК об объемах электропотребления МО в их административно–территориальных границах, что не просто [6, 7]. Второе – перевод в рамках ПАК абсолютных (в кВт*ч) данных в относительные (динамику электропотребления в МО, %), и расчет на этих вводных различных макроэкономических показателей.

БД по Республике Татарстан формируется на данных гарантирующего поставщика (ГП) электроэнергии – АО «Татэнергосбыт», на которое приходится порядка 80% розничных продаж электроэнергии во всех 45 МО республики. «Объемы продаж» ГП эквивалентны полезному отпуску, юридически и финансово «привязанному» к конкретному МО. Кроме того, данные от ГП сразу разделены по двум тарифным группам –

«Население» и «Прочие», что даст возможность разделить районы по доминированию коммунально-бытовой или промышленной нагрузки. Также БД будет дополнена данными от филиала АО «Системный оператор ЕЭС России» – РДУ Татарстана.

Даже абсолютных цифр и относительных показателей будет достаточно для поверхностной индикативной аналитики. Например, выявления МО с растущим/падающим электропотреблением. А данные от «Системного оператора» помогут «очистить» эту аналитику от искажений, обусловленных доминированием энергоемких промышленных гигантов в МО. Для более глубокой экономической аналитики БД планируется дополнить данными от Росстата. Предварительная схема блоков индикативной системы представлена в таблице №1.

Таблица 1

Схема блоков индикативной системы

Верхний уровень – данные «Системного оператора» и ТСО		
	Потребление электроэнергии	Динамика
Субъект РФ (РТ), в целом	кВт*ч	%
КП–п	кВт*ч	%
Основной уровень – данные «Татэнергосбыта»		
РТ, в целом	кВт*ч	%
МО–п, в целом	кВт*ч	%
– МО–п, «Население»	кВт*ч	%
– МО–п, «Прочие»	кВт*ч	%
Дополнительный уровень – макроэкономические индикаторы (Росстат)		
Валовый муниципальный продукт (ВМП)*	руб.	%
Добавленная стоимость МО	руб.	%
Количество населения МО	тыс. чел.	%
Ввод жилья	кв. метров	%
Объем инвестиций	руб.	%
Отгрузка	руб.	%

Примечания: КП–п – крупный потребитель электроэнергии, МО–п – муниципальное образование.

*Росстат не рассчитывает ВМП, возможна замена на валовый территориальный продукт.

При сопоставлении с электропотреблением такие данные позволят проводить расчеты макроэкономических индикаторов. Наиболее

показательными можно считать удельное электропотребление (УПЭ) на душу населения [11, 12], отражающее производительность труда и качество жизни на конкретной территории [17], а также электроемкость валового муниципального продукта (ВМП).

Однако, если с расчетами УПЭ проблем не возникнет, так как данные о численности населения в МО есть в открытом доступе, то расчеты электроемкости – задача сложная, поскольку Росстат не рассчитывает ВМП. Таким образом, в отличие от числителя, знаменатель оказывается в этом случае неизвестен. В научной литературе подходы к расчетам ВМП разделены на «снизу–вверх» и «сверху–вниз» [18], предлагались и другие методы [17, 18]. С учетом объективных сложностей, в рамках ПАК мы изучаем возможность использования альтернативных вариантов – например, расчетов «электроемкости» добавленной стоимости [8, 9, 10] либо только отгрузки.

Заключение. Динамика потребления электроэнергии – качественный индикатор, на основе которого можно строить, например, рейтинги экономического развития МО в субъектах РФ. Эта аналитика окажется незаменимой для использования в оперативном и стратегическом управлении на региональном и муниципальном уровнях. Это свидетельствует об актуальности поставленной научно–исследовательской задачи, а также о ее не только научной, но и практической ценности.

Источники

1. Дружинин П.В. Влияние модернизации российской экономики на ее электроемкость // Друкеровский вестник. 2016. № 1(9). С. 124–138.
2. Мутолапов Р.Х. Связь макроэкономических показателей с потреблением электроэнергии в регионах РФ за последние 30 лет // Управление Т. 11 №2/2023. С. 78–87.
3. Куренкова А.Ю., Любимова, Н.Г. Анализ и прогноз электропотребления в Алтайском крае // Вестник университета №7, 2018. С. 97–103.
4. Данилов Н.И., Бикбулатов С.Р. Методические вопросы формирования рейтинга энергоэффективности муниципальных образований // Вестник УрФУ. Серия экономика и управление. 2011. № 5. С. 17 – 31.
5. Мирошниченко Т.А. Типология муниципальных образований Амурской области по электропотреблению. // Известия Кабардино–Балкарского научного центра РАН. 2012. № 2(46). С. 164 – 174.

6. Богачкова Л.Ю., Зайцева Ю.В., Усачева И.В., Зайцева Е.Е. Развитие региональной подсистемы мониторинга энергоэффективности на основе сравнительного анализа энергопотребления муниципалитетов (на примере Волгоградской области). // Современная экономика: проблемы и решения. 2019. № 8(116). С. 121 – 138.
7. Зайнутдинов Р.А. Техноценологический подход к анализу электропотребления муниципальными образованиями Астраханской области // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. 2012. № 2(18). С. 140 – 145.
8. Климова Г.Н., Литвак В.В. Энергоемкость валовой добавленной стоимости – инструмент сравнения эффективности потребления энергоресурсов // Проблемы энергетики. 2012. №7–8. С. 108 –116.
9. Богачкова Л.Ю., Хуршудян Ш.Г. Дифференция регионов РФ по электроемкости экономики в зависимости от структуры ВРП: анализ данных // Анализ, моделирование и прогнозирование экономических процессов. Материалы VI Международной научно–практической Интернет–конференции 15 декабря 2014 – 15 февраля 2015 г. С. 9 – 17.
10. Баев И.А., Соловьева И.А., Дзюба А.П. Региональные резервы энергоэффективности // Экономика региона №3/2013. С. 180 – 189.
11. Некрасов С.А. Рост электропотребления российских регионов как фактор их социально–экономического развития // Экономика региона, Т.18, вып. 2 (2022). С. 509 – 527.
12. Некрасов С.А. Стимулирование электропотребления регионов–аутсайдеров – необходимое условие структурной устойчивости России // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. 2023. Т. 66. №2 (2023). С. 186 – 200.
13. Ахметова И.Г., Майнакский Э.М., Попов А.Е. О возможностях и перспективах использования электропотребления в качестве индикатора оценки экономического развития муниципальных образований субъекта РФ (на примере Республики Татарстан) // Вестник КГЭУ. 2024. Том 16. №1. С. 178 – 185.
14. Дзюба А.П. Электроэнергетика как фактор развития экономики России // Вестник Удмуртского университета. 2020. Т. 30, вып. 2. С. 191 – 199.
15. Гафарова Е.А. Валовой муниципальный продукт как показатель уровня экономического развития муниципальных образований региона (на материалах Республики Башкортостан) // Научно–технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2017. Т. 10, №4. С. 91 – 103.

16. Антонова И.С., Чистякова Н.О., Татарникова В.В. Оценка эффективности развития муниципалитета: валовый продукт и предприятия флагманы // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Серия: Социальные науки, 2020, №1 (57). С. 7 – 13.

17. Криничанский К.В., Унрау А.В. Оценка валового муниципального продукта и сравнительный анализ российских [19]. Региональная экономика: теория и практика. 2014. №9(336). С. 9 – 22.

18. Колечков Д.В., Гаджиев Ю.А., Тимашев С.А., Макарова М.Н. Валовой муниципальный продукт: методы расчета и применение // Экономика региона. 2012. №4. С. 49 – 58.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ПЕРЕХОДА К УСТОЙЧИВОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Рафикова Д. М.,

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

dilyara_rafikova00@mail.ru, adelya.fatikhova@mail.ru

Науч. рук. асс. Нурисламова А. Р.

Энергетический сектор сегодня сталкивается с задачей перехода к более экологичным способам производства и использования энергии. Данная статья анализирует переход к устойчивой энергетике как важную задачу для мировой экономики, вызванную ограниченностью традиционных ресурсов и изменениями климата. Рассматриваются меры, такие как субсидии, налоговые льготы и "зеленые" тарифы. Подчеркивается необходимость повышения энергоэффективности и международного сотрудничества для создания устойчивой и безопасной энергосистемы.

Ключевые слова: устойчивая энергетика, экономические механизмы, возобновляемые источники энергии, углеродный налог, зеленые облигации, энергоэффективность.

Переход к устойчивой энергетике — это одна из ключевых задач для мировой экономики. Потребность устойчивого подхода обусловлена тем, что традиционные энергетические ресурсы ограничены. А также происходит глобальное изменение климата и активный рост мирового спроса на электроэнергию. По данным Международного энергетического агентства (МЭА), к 2018 году глобальное потребление энергии увеличилось в два раза по сравнению с темпами роста в предыдущем десятилетии. Это подтверждает возрастающую потребность в развитии возобновляемых источников энергии [1]. Исследования показывают, что возобновляемая энергия играет важную роль в поддержании экономического роста. Экономисты, анализируя 29 европейских стран за период с 1995 по 2016 год, пришли к выводу, что использование возобновляемых источников энергии способствует экономическому развитию, особенно в развитых странах.

Для стимулирования перехода к устойчивой энергетике государства разрабатывают различные подходы, такие как субсидии, налоговые льготы и гарантии для инвесторов. Одним из ярких примеров является система

"зеленых" тарифов, которая успешно применяется в Германии. В рамках этой программы производители возобновляемой энергии получают гарантированный доход [2]. Это снижает инвестиционные риски и привлекает больше участников на рынок. Такой механизм позволил увеличить долю возобновляемой энергетики в структуре потребления электроэнергии.

Также, важную роль в регулировании энергетического сектора играют ценовые механизмы, такие как углеродные налоги и схемы торговли выбросами. Углеродный налог, например, стимулирует предприятия к снижению выбросов и переходу на более чистые источники энергии. В Швеции, где введен один из самых высоких углеродных налогов, с 1991 года удалось снизить выбросы на 25% без ущерба для экономического роста [3]. Это показывает, при правильном использовании с сопровождением дополнительных программ поддержки, такие меры могут быть достаточно эффективны.

Для обеспечения долгосрочного финансирования устойчивой энергетики активно используются «зеленые» облигации. Эти финансовые инструменты позволяют привлекать частные инвестиции для реализации проектов, направленных на снижение углеродного следа и повышение энергоэффективности. Например, Китай стал мировым лидером по выпуску «зеленых» облигаций. Это позволило стране финансировать масштабные проекты в области солнечной и ветровой энергетики [4]. Подобные финансовые инструменты создают условия для активного участия частного сектора в развитии экологически чистой энергетики.

Одним из ключевых и наиболее актуальных направлений является развитие инновационных технологий в сфере возобновляемых источников энергии. Для этого создают специальные фонды, программы субсидирования и грантовая поддержка научных исследований. Примером является программа «Horizon» в Европейском Союзе, в ходе которой были выделены средства на разработку и внедрение инноваций в области энергетики. Этот механизм позволяет ускорить развитие новых технологий.

Помимо поддержки возобновляемых источников энергии, не стоит забывать о повышении энергоэффективности уже существующих систем. Механизмы экономического стимулирования помогают предприятиям и домохозяйствам снижать потребление энергии. Например, в Великобритании действует программа «Green Deal», которая предоставляет кредиты на модернизацию домов с целью повышения

энергоэффективности [5]. Такие меры способствуют снижению затрат на электроэнергию и повышению экологичности энергосистем.

Для успешного перехода к устойчивой энергетике развивающиеся страны должны уделять внимание укреплению рынка возобновляемой энергии. Прогресс в технологическом развитии возобновляемых источников особенно важен для этих регионов, но развитые страны должны взять на себя социальную ответственность и оказывать поддержку развивающимся экономикам в сокращении выбросов углерода.

Таким образом, переход к устойчивой энергетике невозможен без многогранного подхода, который включает в себя использование экономических инструментов для привлечения инвестиций, развития технологий и поддержки инноваций. Важную роль здесь играет государственная поддержка, механизмы регулирования цен, а также активное участие частного сектора и международного сообщества. Все эти меры помогут создать основу для стабильной и экологически безопасной энергосистемы. Использование таких механизмов не только снижает углеродный след, но и способствует повышению эффективности энергетических рынков, что важно для их устойчивого развития в будущем.

Источники

1. Тасс. Глобальные выбросы углекислого газа обновили в 2018 году исторический рекорд. Наука. URL: <https://eneca.ru/novosti/energetika-i-energoeffektivnost/smart-grid-ili-umnye-seti-elektrosnabzheniya> (дата обращения: 23.10.2024).
2. Бучнев А. Регулирование и стимулирование развития возобновляемых источников энергии // Государственная служба. 2015. № 5(97). С. 108–111.
3. Вахид Р., Сарвар С., Вэй Ч. Обзор экономического роста, потребления энергии и выбросов углерода // Energy Rep. 2019. С. 1103–1115.
4. Исследование эмитентов «зеленых» облигаций. Центральный комитет Коммунистической партии Китая. 2015. [Электронный ресурс] URL: <http://cpc.people.com.cn/5677/285> (дата обращения: 25.10.2024).
5. Стрежнева М. В. Финансовые аспекты «Европейской зеленой сделки». Анализ и прогноз. Журнал ИМЭМО РАН. 2021. №4 .С .13–23.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ УЧЕБНОГО СТЕНДА ПО АВТОМАТИЗАЦИИ

Рахмонов Ф. Ю., Миранов С. Р.

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

rahmonovfarhod2004@gmail.com

Науч. рук. асс. Николаев К. В.

В статье приведены этапы проектирования и изготовления учебного стенда для изучения систем автоматизации. Описаны такие этапы, как выбор компонентов, компоновка, трассировка, пайка и пуско-наладочные работы. Рассмотрены проблемы, возникавшие в процессе пайки, а также тестирование и программирование готового изделия. Финальный продукт был разработан успешно и выпущен в количестве десяти штук.

Ключевые слова: учебный стенд, системы автоматизации, микроконтроллер Arduino, датчики, печатная плата, EasyEDA, пайка, SMD, ArduinoIDE, программирование, тестирование.

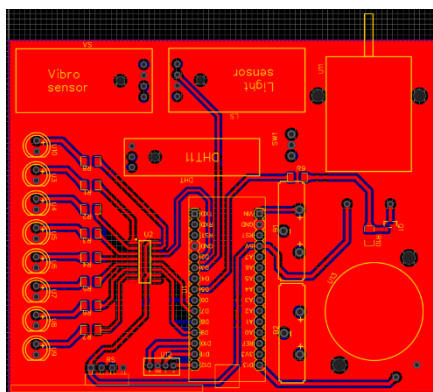
Разработка учебных стендов для наглядной демонстрации той или иной профессиональной деятельности является неотъемлемой частью развития образовательного процесса. Использование учебных стендов в процессе обучения помогает обучающимся намного лучше понимать суть своей будущей профессии и приобретать не только теоретические знания, но и прикладные навыки [1]. Проектирование и изготовление учебных стендов является довольно сложным процессом и требует тщательного исследования сферы деятельности, которую она будет демонстрировать [2].

Спроектированный учебный стенд в ходе исследования систем автоматизации является одним из примеров проведения подобных работ. Проектирование и изготовление стенда состояла из нескольких этапов: исследование сфер применения систем автоматизации, поиск и подбор составных компонентов, компоновка и трассировка платы, пайка, пуско-наладочные работы и пробные пуски готового изделия.

Любая система автоматизации состоит из трех составляющих: программируемый контроллер (микроконтроллер), управляющий всей системой, считывающие устройства (датчики) и исполняющие устройства. На самом первом этапе изучены области, в которых применяется

автоматизация. По итогам исследования выбраны следующие компоненты: микроконтроллер Arduino Nano, четыре вида датчиков (света, вибрации, температуры/влажности, расстояния), пьезоизлучатель, DC–двигатель, SMD транзистор и резисторы, светодиоды и RGB–диод.

Далее проходил этап компоновки и трассировки всех компонентов на плате, с учётом эргономичности сборки. Для расширения функциональности микроконтроллера Arduino Nano использован сдвиговый регистр SN74HC594DR для увеличения количества цифровых пинов [3, 4]. Чтобы предотвратить повреждение светодиодов использованы SMD резисторы, а для управления DC–двигателем при помощи микроконтроллера применен SMD транзистор. Схема соединения всех составных элементов на плате, а также сама плата разработана при помощи онлайн–инструмента создания схем и печатных плат EasyEDA (см. рис.) [5].



Плата, разработанная на EasyEda.

Процесс пайки был одним из самых затруднительных из–за наличия пластиковых корпусов некоторых компонентов и низкого уровня термоустойчивости. Решением данной проблемы стало использование паяльной пасты и фена паяльной станции. При этом пайка SMD–компонентов также стала менее затруднительной.

Для тестирования собранного стенда, который работает на основе микроконтроллера Arduino Nano, на работоспособность использовалась интегрированная среда программирования Arduino IDE [6]. Данная среда программирования позволяет разрабатывать различные алгоритмы, основанные на языках программирования C и C++. Arduino IDE содержит текстовый редактор для написания кода, область сообщений, текстовую консоль, панель инструментов с кнопками для общих функций и ряд меню.

Из-за ограничений в памяти коды прошивки для каждого типа датчика был написан в отдельном файле или так называемом скетче.

По итогам успешно проведённых работ конечное изделие было изготовлено в количестве десяти штук, и каждый стенд был протестирован на работоспособность, учтены неисправности, возникавшие в процессе эксплуатации.

Источники

1. Потапов, А. А. Применение активных методов для повышения мотивации студентов к обучению по дисциплине «Силовая электроника» / А. А. Потапов, И. В. Павлова // Непрерывное образование: XXI век. – 2020. – № 1(29). – С. 60–67.

2. Павлова, И. В. Опыт разработки лабораторных стендов студентами в рамках проектного обучения / И. В. Павлова, А. А. Потапов // Преподаватель XXI век. – 2021. – № 1–1. – С. 114–121.

3. Arduino Nano. Общие сведения [Электронный ресурс] <https://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardNano> (дата обращения: 21.02.24).

4. Технические характеристики сдвигового регистра SN74HC594DR [Электронный ресурс] <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/543327/TI1/SN74HC594DR.html> (дата обращения: 12.09.24).

5. Работа со средой проектирования электронных устройств EasyEDA [Электронный ресурс] <https://blog.dubkov.org/electronics/easyeda-starter-guide/> (дата обращения: 12.05.24).

6. Программирование на интегрированной среде разработки Arduino IDE [Электронный ресурс] https://arduino.ru/arduino_environment (дата обращения: 12.11.23).

ЭФФЕКТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ БРАКОМ: БЕРЕЖЛИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО И BIG DATA

Рашидова З.Д.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

rashidova.zalina@mail.ru

Науч. рук. доц. Зарипова Р.С.

Эффективное управление производственным браком является важным аспектом оптимизации производственных процессов, способствуя снижению затрат и повышению общей эффективности компании. В данной статье рассматриваются примеры применения концепций Kaizen и бережливого производства, а также современные технологии анализа данных (Big Data), которые позволяют улучшить производственные процессы, минимизировать потери и оптимизировать использование ресурсов.

Ключевые слова: производственный брак, бережливое производство, Kaizen, Big Data, управление качеством, производственные дефекты.

Производственный брак — это неотъемлемая часть любого производства, возникающая по множеству причин: начиная от некачественных материалов и заканчивая сбоями в технологическом процессе или человеческими ошибками. Продукция, не соответствующая стандартам, может быть классифицирована как исправимый или окончательный брак, в зависимости от возможности её доработки. Внутренний брак выявляется на стадии производства, в то время как внешний обнаруживается уже у потребителей [1, 2].

Согласно данным Международной организации по стандартизации (ISO), уровень дефектов в производстве может варьироваться от 1 до 4% в зависимости от отрасли [3]. Однако предприятия, которые внедряют системные подходы к управлению качеством, успешно снижают эти показатели.

Современные предприятия внедряют информационные технологии, такие как анализ больших данных (Big Data), для более точного учета дефектов и прогнозирования их возникновения. Применение Big Data позволяет компаниям анализировать большие объёмы данных на каждом этапе производства, выявлять скрытые проблемы и прогнозировать неисправности заранее. Например, General Electric (GE) использует

предиктивные алгоритмы на базе больших данных, что позволило компании снизить простои на 30% и повысить общую производительность на 10% [4].

Технологии Big Data помогают предприятиям анализировать тренды и аномалии в производственных данных, что позволяет предотвращать возникновение дефектов.

Принципы «бережливого производства», впервые внедрённые Тайити Оно в Toyota в 1950–х годах, направлены на минимизацию всех видов потерь, включая производственные дефекты [5]. Концепция Кайдзен (Kaizen – «непрерывное улучшение») позволяет предприятиям постоянно искать пути для оптимизации процессов и устранения брака. На практике это означает, что каждый сотрудник на линии Toyota имеет право остановить производство, если он замечает даже малейший дефект. Такая система мгновенного вмешательства способствует предотвращению крупных финансовых потерь, связанных с выпуском бракованной продукции.

Ярким примером внедрения этих принципов является компания КАМАЗ, которая в 2019 году в рамках реализации кайдзен–проектов получила экономический эффект в размере 18,5 млн. руб. благодаря пересмотру 189 технологических процессов, из которых 52 оказались с экономическим эффектом, а 12 проектов принесли экономический эффект с результатом свыше 1 млн. руб. [6]. Это демонстрирует эффективность системного подхода к управлению качеством и сокращению затрат.

Применение принципов бережливого производства и современных технологий, таких как Big Data, позволяет предприятиям не только снижать уровень производственного брака, но и значительно оптимизировать операционные процессы. Это ведет к сокращению затрат, улучшению качества продукции и повышению конкурентоспособности на рынке, что подтверждают примеры компаний, таких как GE и КАМАЗ.

Источники

1. Мулюкова Г.Р., Курбанова Э.Р. Особенности учета брака в производстве // Экономика и социум. 2016. №1 (20). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-ucheta-braka-v-proizvodstve> (дата обращения: 16.10.2024).

2. Мухаметзянов И.И., Зарипова Р.С. Применение машинного зрения в области контроля качества // Технологический суверенитет и цифровая трансформация. Международная научно–техническая конференция. Казань, 2024. С. 303–306.

3. AQL Калькулятор [Электронный ресурс] // HQTs. URL : <https://hqts.ru/aql-calculator/> (дата обращения: 16.10.24).

4. The Future of Reliability Engineering: Embracing Innovation for Operational Excellence // University of Tennessee, Knoxville. [Электронный ресурс] URL: <https://rmc.utk.edu/the-future-of-reliability-engineering-embracing-innovation-for-operational-excellence/> (дата обращения: 16.10.24).

5. Мустафина Л.З. Кайдзен–костинг как новая концепция управленческого учета // Science Time. 2015. №8 (20). [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kaydzen-kosting-kak-novaya-kontseptsiya-upravlencheskogo-ucheta> (дата обращения: 16.10.2024).

6. Швейва Е.И. Оценка результатов внедрения инструментов бережливого производства на российских предприятиях / Е.И. Швейва // Международный научно–исследовательский журнал. 2023. №2 (128). [Электронный ресурс] URL: <https://research-journal.org/archive/2-128-2023-february/10.23670/IRJ.2023.128.72> (дата обращения: 16.10.2024).

ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ СКЛАДСКОГО ХОЗЯЙСТВА НА КАЧЕСТВО ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Салохина А.Н.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

nastena.love0123@gmail.com

Науч. рук. доц. Дюдина О.В.

В тезисе особое внимание уделяется складскому хозяйству и процессу совершенствования логистиким путем внедрения цифровых технологий. Рассматриваются положительные и отрицательные стороны цифровизации. Также отмечается необходимость оценки и выбора оптимальных цифровых решений для каждого предприятия с учётом их специфики и бюджета.

Ключевые слова: логистика, складское хозяйство, цифровизация, автоматизация, цифровая экономика, эффективность.

Концепция «Индустрия 4.0» и глобализация экономики последнее десятилетие стали неразрывно связаны, открывая новые горизонты для бизнеса и общества в целом [1]. Быстрое развитие цифровой экономики делает способность промышленных предприятий адаптироваться к изменениям в цифровых технологиях ключевым фактором их конкурентоспособности. Однако в настоящее время большинство отечественных компаний находятся только на начальном этапе цифровой трансформации. [2].

Складское хозяйство в цепочке бизнес–процессов производственных предприятий занимает не последнее место по своей важности. Налаженный процесс логистики посредством использования различных современных информационных технологий, автоматизированных систем управления и аналитических инструментов, особенно в рамках среднего и малого бизнеса, может оказать существенное влияние на статус и качество деятельности компании.

С экономической точки зрения, главной задачей для производственного предприятия является получить прибыль, при этом затратив как можно меньше ресурсов.

В общем виде процесс совершенствования складского распределения на основе цифровых технологий можно представить в виде четырех этапов (см. рисунок 1) [3].



Рис.1. Процесс совершенствования складского распределения на основе цифровых технологий

Первый этап в этой цепочке является ключевым. При анализе бизнес–процесса логистики можно выделить множество критериев, определяющих его устойчивость [4], и на каждый из них цифровизация способна повлиять как в положительную, так и в отрицательную сторону.

К положительному влиянию можно отнести:

1. Повышение эффективности. Автоматизируя процессы транспортировки, учета, обработки заказов, предприятие работает быстрее с меньшими затратами;
2. Снижение риска допущения ошибок. Нельзя сказать, что робот никогда не допускает ошибок, но в сравнении с человеческим фактором, возможность возникновения минимальная.
3. Оптимизация запасов. Отслеживать уровень запасов в режиме реального времени намного выгоднее для производственных предприятий. Имея подобные данные в режиме реального времени, компания избежит переизбытков или нехваток на складе.

К негативному влиянию отнесем:

1. Высокие первоначальные инвестиции. Внедрение цифровых технологий требует финансовых вложений, что может сильно ударить по бюджету компании.
2. Необходимость в обучении персонала. Сотрудникам может потребоваться время на изучение нововведения и его освоение. Также это обучение может являться платным.
3. Угроза кибербезопасности. В цифровой среде появляется все больше злоумышленников, которые не упустят возможности воспользоваться ненадежностью системы.
4. Зависимость от технологий. При полной цифровизации производства, при сбоях компания будет вынуждена приостановить свою деятельность пока не будет выявлена проблема [5].

Таким образом, нельзя сказать, что цифровизация это панацея для каждого предприятия. В первую очередь нужно произвести качественную и количественную оценку того или иного цифрового решения.

Источники

1. Исхакова К.И. Перспективы развития управления качеством в условиях цифровизации экономики// Современные тренды управления и цифровая экономика: от регионального развития к глобальному экономическому росту. 2024. С. 57–60.
2. Лютягин Д.В, Зюков В.А. Цифровизация производственных процессов в рамках концепции «Индустрия 4.0» //Economics and management of a national economy. 2021. С. 235–247.
3. Демурин Ю.А. Совершенствование технологий складского распределения в условиях цифровой экономики // Economics and management of a national economy. 2020. С. 261–266.
4. Додорина, И. В. Влияние цифровизации на логистику// Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте. 2023.С. 245–248.
5. Может ли цифровизация склада стать драйвером роста эффективности производства? [Электронный ресурс]. https://lobanov-logist.ru/library/all_articles/64773/ (дата обращения: 07.11.24).

СИСТЕМА РЕЗЕРВОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ

Сарбаева Я.И.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

sarbaeva1000@gmail.com

Науч. рук. доц. Мухаметова Л.Р.

В данном тезисе рассматриваются ключевые аспекты повышения эффективности использования основных средств на предприятиях.

Ключевые слова: основные средства, повышение эффективности, эффективность, резервы.

Основные средства являются важным ресурсом для обрабатывающей промышленности, и качество их использования определяет общую эффективность бизнеса. Оптимальное использование основных средств требует систематического мониторинга и оценки их наличия, движения, технического состояния и качества использования.

Эффективное использование ОС напрямую влияет на:

- Эффективность труда: Загрузка оборудования на максимальном уровне способствует увеличению объёма произведённой продукции.
- Снижение расходов: Оптимальная эксплуатация основных средств позволяет уменьшить затраты на их использование.
- Рост прибыли: Умелое управление активами играет важную роль в улучшении финансовых показателей компании.

Показатели, определяющие объем производственной мощности и ее эксплуатацию, находятся в тесной взаимосвязи друг с другом. Это связано с тем, что все факторы воздействуют на общий объект — производственные мощности компании.

Различие между группами факторов в том, что первая категоризирует резервы для увеличения мощностей, а вторая — для повышения эффективности их использования. [1].

Эффективное использование этих мощностей можно оценивать через ограниченный набор индикаторов, на которые воздействует множество факторов. Классификация и учет данных факторов позволяют управлять показателями, воздействуя на соответствующие элементы, что помогает определить общий уровень использования производственных мощностей.

При проведении комплексной оценки, наряду с обобщенными показателями, рассчитываются специальные индикаторы, демонстрирующие воздействие отдельных факторов на результативность использования производственных возможностей. Каждый из таких показателей отражает конкретный аспект общего уровня использования, который формируется под воздействием совокупности факторов.

Факторы являются элементами, влияющими на определенные индикаторы [1].

Чтобы оценить влияние факторов на явления, важно различать их по порядку, от первого до n -го. Стоит отметить условность границы между терминами «показатель» и «фактор», поскольку один может служить фактором для другого более высокого уровня.

Производственные резервы определяются как возможности улучшения использования ресурсов благодаря усовершенствованию технологий, повышению производительности труда и организации управления. Исследования показывают, что уровень загрузки мощностей варьируется и определяет резервы повышения эффективности. Интеграция процессов является ключевой в условиях современных требований, что делает необходимым применение аналитических подходов в планировании, производстве и сбыте [2].

Система резервов для повышения эффективности использования основных фондов предприятия может быть представлена в следующей форме:

1. Техническое совершенствование производственных активов:
 - Реализация проектов по комплексной автоматизации и внедрению адаптивных производственных систем.
 - Замена устаревшего оборудования на современное и модернизация существующего парка машин.
 - Ликвидация "узких мест" и дисбалансов в производственных мощностях.
 - Механизация вспомогательных и обслуживающих процессов.
 - Внедрение передовых технологий для специализированного оборудования.
 - Поддержка инновационных разработок и рационализаторских предложений.
2. Повышение коэффициента использования оборудования:
 - Вывод из эксплуатации или передача в аренду неиспользуемого оборудования.

– Оптимизация процесса ремонта оборудования для минимизации простоев.

3. Улучшение организации и управления производством:

– Ускорение достижения проектной производительности вновь введенных производственных систем.

– Внедрение принципов научной организации труда и производства.

– Повышение эффективности обеспечения материально–техническими ресурсами.

– Совершенствование системы управления производством на основе информационных технологий.

– Развитие системы материальной мотивации работников, направленной на повышение эффективности производства.

Повышение эффективности использования основных фондов–многогранная задача, требующая комплексного подхода. Оптимизация структуры активов, внедрение новых технологий, обучение персонала, регулярный анализ эффективности–все эти меры могут существенно улучшить финансовые результаты компании и ее конкурентоспособность на рынке.

Источники

1. Михайлов О.В. Анализ резервов эффективности использования основных средств в условиях кризиса // Экономика и современный менеджмент: теория и практика электронный журнал. – 2013 [Электронный ресурс]. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/analiz-rezervov-effektivnostiispolzovaniya-osnovnyh-sredstv-v-usloviyah-krizisa> (дата обращения 20.03.2021).

2. Верещагина Л.С. Выявление резервов повышения эффективности деятельности реализационных подразделений промышленных предприятий с использованием функционально–стоимостного анализа // Журнал: Вестник Саратовского государственного технического университета. – 2013.–№ 1. – С. 331 – 336. [Электронный ресурс]. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/vyyavlenierezervov-povysheniya-effektivnosti-deyatelnosti-realizatsionnyh-podrazdeleniypromyshlennyh-predpriyatij-s> (дата обращения 20.03.2021)

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО ОПЫТА ОАЭ В СТРАТЕГИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Сафиуллина А.И.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

ms.azalea310501@mail.ru

Науч. рук. доц. Уразбахтина Л.Р.

Данная статья посвящена анализу успешного перехода ОАЭ от зависимости от ископаемого топлива к устойчивой энергетической системе. Основное внимание уделяется ключевым факторам, которые способствовали этой трансформации. Исследование выделяет стратегическое планирование, инвестиции, развитие технологий и повышение энергоэффективности как ключевые элементы успеха. Также рассматривается применимость опыта ОАЭ для других стран, стремящихся к декарбонизации, и подчеркивается необходимость создания долгосрочной стратегии, стимулирования инвестиций, развития инноваций и повышения энергоэффективности.

Ключевые слова: энергетическая трансформация, ОАЭ, инвестиции, стратегия, энергоэффективность, устойчивое развитие.

Объединенные Арабские Эмираты (ОАЭ) представляют собой уникальную модель для изучения управления энергетическим сектором, благодаря сочетанию богатых природных ресурсов и больших планов по устойчивому развитию. Среди них Стратегия энергетической трансформации до 2050 года, принятая в 2017 году. Обновлённая стратегия направлена на содействие внедрению возобновляемых и ядерных источников энергии, повышение энергоэффективности, стимулирование научно-исследовательской деятельности и инноваций в области энергетических технологий, увеличение местных мощностей по производству чистой энергии и поощрение инвестиций в сектор возобновляемых и чистых источников энергии в стране [1].

ОАЭ, страна с богатыми запасами нефти и газа, продемонстрировала впечатляющий переход от зависимости от ископаемого топлива к устойчивой энергетической системе. Их успехи в области возобновляемых источников энергии, особенно солнечной, привлекают внимание во всем мире. Данная статья исследует ключевые факторы, способствовавшие успешной трансформации энергетического сектора ОАЭ, и анализирует их применимость для других стран, стремящихся к декарбонизации.

Ключевыми факторами успеха ОАЭ является то, что страна разработала четкую стратегию энергетической трансформации, основанную на долгосрочных целях, направленных на снижение зависимости от нефти и газа и диверсификацию энергетического портфеля. Также ОАЭ сделали значительные инвестиции в солнечную энергетику, сделав ее ключевым элементом своей стратегии. Правительство государства создало стимулирующие условия для частных инвестиций в сектор возобновляемых источников энергии, включая налоговые льготы, финансовую поддержку и гарантии стабильной политики. Государство активно инвестирует в исследования и разработки в области возобновляемых источников энергии, стремясь к технологическому лидерству. Кроме того, ОАЭ внедряют политику и программы, направленные на повышение энергоэффективности во всех секторах экономики [2].

Исходя из выделенных факторов, рассмотрим возможность применения опыта ОАЭ в других странах.

1. Странам, стремящимся к энергетической трансформации, необходимо разработать четкую стратегию, устанавливающую долгосрочные цели и дорожную карту для достижения декарбонизации.

2. Страны должны сделать значительные инвестиции в возобновляемые источники энергии, особенно в солнечную и ветровую энергетику.

3. Необходимо стимулировать частные инвестиции в сектор возобновляемых источников энергии, предоставляя налоговые льготы, субсидии и гарантии стабильной политики [3].

4. Страны должны инвестировать в исследования и разработки в области возобновляемых источников энергии, чтобы стимулировать технологический прогресс и снизить себестоимость производства энергии.

5. Необходимо внедрять политику и программы, направленные на повышение энергоэффективности в промышленности, зданиях и на транспорте.

Итак, для арабских стран декарбонизация предстает многоаспектным явлением, которое имеет ярко выраженную региональную специфику, определяемую демографическим взрывом, продолжительными вооруженными конфликтами и социальными кризисами. Для этих государств климатический фактор не просто сам по себе становится большим серьезным вызовом, но, будучи наложенным на их текущее положение, превращается в мощную угрозу национальной безопасности [4].

В заключении, успешный переход ОАЭ к устойчивой энергетической системе демонстрирует, что декарбонизация возможна даже для стран с богатыми запасами ископаемого топлива. Опыт Эмирата подчёркивает важность чёткого стратегического планирования, инвестиций в возобновляемые источники энергии, стимулирования инноваций и повышения энергоэффективности. Эти уроки могут быть использованы другими странами, стремящимися к декарбонизации и созданию более устойчивого энергетического будущего.

Источники

1. UAE Energy Strategy 2050 // The Official Portal of the UAE Government. [Электронный ресурс]. URL: <https://u.ac/en/about-the-uae/strategies-initiatives-and-awards/strategies-plans-and-visions/environment-and-energy/uae-energy-strategy-2050> (дата обращения 27.10.2024).
2. Министерство энергетики и инфраструктуры ОАЭ [Электронный ресурс]. URL : <https://www.moei.gov.ae/en/home.aspx> (дата обращения 25.10.2024).
3. Афанасьев, М. В. Стратегия энергетической безопасности России в современных условиях / М. В. Афанасьев, Л. Р. Уразбахтина // Приднепровский научный вестник. – 2023. – Т. 3, № 1. – С. 3–6. – EDN GMMRZF.
4. Филоник, А. О., Батурина, В. Н. / Арабский мир на пороге энергоперехода: вызовы, амбиции, пределы роста. // Вестн. Моск. ун-та. Серия 25: Международные отношения и мировая политика. – 2022. – № 2. С. 148–172.

РАЗРАБОТКА НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ АВИАПЕРЕВОЗОК

Силкина О.Ю.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

S–Olga2002@yandex.ru

Науч. рук. доц. Будникова И.К.

В процессе организации авиаперевозок используется большое количество трудовых ресурсов, для адекватного использования которых необходимо представление о тенденциях развития отрасли. В результате появляется необходимость прогнозирования пассажиропотока, одним из способов которого является использования нейросетевой модели, разработке которой и посвящена данная статья.

Ключевые слова: авиаперевозки, пассажиропоток, прогнозирование, нейросетевая модель, пакет statistica.

Отрасль авиаперевозок является одной из ключевых составляющих транспортной инфраструктуры [1], благодаря которой значительно сокращается время передвижения людей между городами и странами. Авиаперевозки обладают рядом преимуществ перед другими видами транспорта, однако для своего существования требуют организации особого процесса управления.

Организация авиаперевозок – сложный и трудоёмкий процесс, требующий взаимодействия большого числа различных служб аэропорта и авиакомпаний. С целью адекватного использования их трудовых ресурсов необходимо учитывать тенденцию потребительского спроса, в результате чего появляется необходимость прогнозирования пассажиропотока, как одного из ключевых показателей авиаперевозок.

Одним из инструментов прогнозирования является нейросетевая модель [2], разработке которой посвящена данная статья.

В качестве исходных данных (рис. 1) для прогнозирования пассажиропотока были использованы статистические данные авиакомпании «Аэрофлот – Российские авиалинии» за период с января 2010г. по сентябрь 2024г. [3]. Исходные данные были разделены на выборки: тестовая выборка включает измерения за 2023 и 2024 годы, а обучающая и контрольная выборки составляют 70% и 30% оставшихся

измерений соответственно. Также для удобства все наблюдения были пронумерованы.

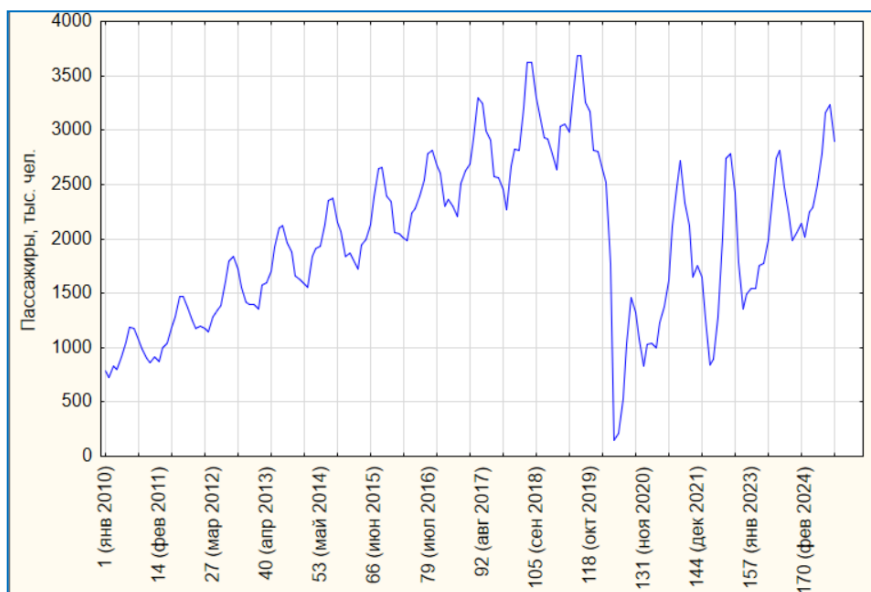


Рис.1. Динамика пассажиропотока за период 2010–2024 годы

В результате построения модели с помощью пакета Statistica [4] были получены 5 возможных моделей, из которых после анализа их качества и эффективности была выбрана MLP 12–4–1. Работа каждой из 5 моделей на представлена на графике временного ряда (рис. 2).

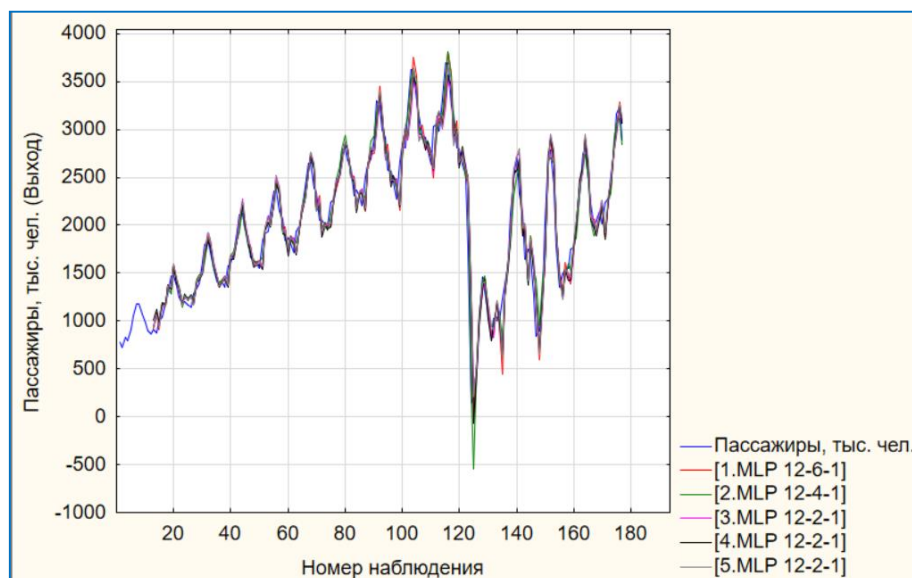


Рис. 2. Результаты нейросетевого моделирования

С помощью выбранной модели было проведено прогнозирование [5] пассажиропотока (рис. 3). Также по формуле была определена относительная погрешность прогнозирования, которая составила 0,07 (7%).

$$\Delta_{cp} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n \frac{|y_i - \hat{y}_i|}{y_i}$$

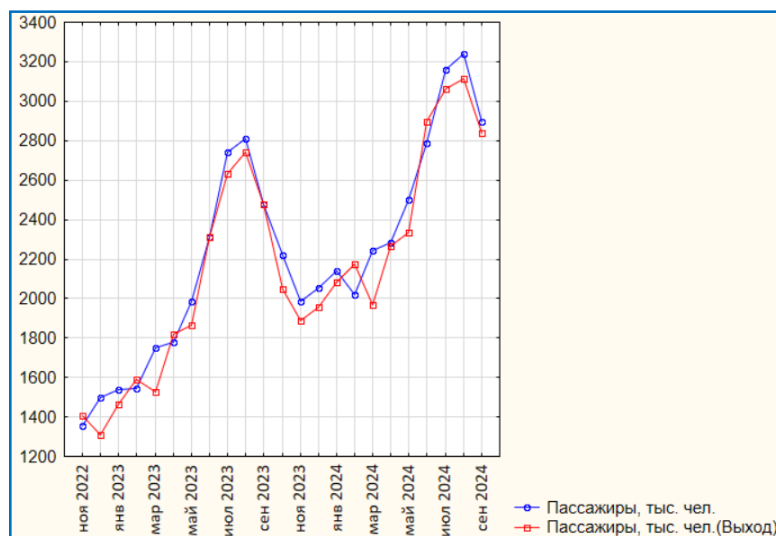


Рис. 3. Прогнозирование с помощью модели MLP 12–4–1

Таким образом, в результате проведённой работы была построена нейросетевая модель с помощью пакета Statistica для прогнозирования пассажиропотока авиаперевозок, которая может быть использована для организации планирования деятельности авиакомпаний и аэропортов.

Источники

1. Кравцов С.В. Авиаперевозки как важнейшая составляющая инфраструктурного развития России // Вестник РГЭУ РИНХ. 2021. №3 (75). С. 108–117.
2. Будникова И.К., Мосолков Р.Д. Искусственный интеллект как инструмент прогнозирования цены реализации нефтепродуктов // Научно–технический вестник Поволжья. 2023. № 12. С. 33–36.
3. Операционная статистика // Аэрофлот – Российские авиалинии. [Электронный ресурс]. URL: <https://ir.aeroflot.ru/ru/reporting/traffic-statistics/> (Дата обращения: 08.11.2024)
4. Карамышев А.Н. Основы нейросетевого прогнозирования в пакете «Statistica Neural Networks». Электронный образовательный ресурс для студентов экономических направлений подготовки / Карамышев Н.А., Сайфутдинова А.А., Исавнин А.Г., Махмутов И.И., Розенцвайг А.К. Набережные Челны: Издательско–полиграфический центр НЧИ К(П)ФУ, 2017. 42 с.
5. Будникова И.К., Латыпов Т.И. Нейросетевые технологии моделирования прогноза электропотребления в условиях рынка // Вестник технологического университета 2024. Т. 27, №10, С. 106–111.

ЭНЕРГЕТИКА ГЕРМАНИИ: СОСТОЯНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Смирнова Е.П., Исаева Е.А.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

elizaveta.sm27@mail.ru, isaevae822@gmail.com

Науч.рук. доц. Сидорова Д.Г.

В работе рассматривается зависимость энергетики Германии от природного газа, приводится один из способов получения дешёвой электрической энергии. Проводится анализ ситуации по нарастанию энергетического кризиса в Германии, а также приводятся выводы о необходимости тщательной оценки политической ситуации в мире.

Ключевые слова: энергетика, генерация, электрическая энергия, отрасль, кризис.

В современных политических условиях энергетика Федеративной Республики Германии (Германия) претерпевает не самое лучшее время. Это объясняется тем, что руководство Германии приняло решение отказаться от покупки газа из Российской Федерации в связи с проведением специальной военной операцией на Украине.

Начиная с 2021 года в ФРГ обсуждался вопрос о запуске Северного потока–2, но в ходе последних политических событий данная инициатива была прекращена.

В настоящее время Германия начала формировать новую энергетическую политику, которая «не зависит от российского газа». Однако, данная политика содержит в себе много «подводных камней». Законопроект «Об ускорении использования сжиженного природного газа» подразумевает снижение зависимости Германии от поставок российских энергоресурсов. Но, самое важное – это наличие подводных камней: Германии необходимо поддерживать энергетику в текущем состоянии, но без энергоресурсов это сделать невозможно. Альтернативный выход – закупка сжиженного газа у главного политического оппонента России: Соединённые Штаты Америки. Это заставляет стране тратить больше средств на поддержание энергетики в текущих объёмах [1].

Для того, чтобы частично снизить потребление природного газа разработан законопроект «Osterpaket», который регламентирует

увеличение доли возобновляемой энергетики в общей электроэнергетике страны. Данный законопроект подразумевает полный переход на возобновляемые источники энергии до 2030 года. Источниками возобновляемой энергии являются ветер и солнечное излучение.

Германия уже имеет существенный опыт в области использования альтернативных источников энергии, а в частности, атомной энергии. Но в связи с событиями на АЭС Фукусима в 2011 количество работающих атомных электростанций в Германии было сокращено до трёх.

По статистике 2022 года доля возобновляемых источников энергии в виде ветрогенераторов и солнечных панелей. Солнечные панели наиболее эффективны весной и летом – до 22% генерации электроэнергии, а ветрогенераторов до 45% осенью и зимой. Но всё же переход на зелёную энергетику осуществляется постепенно и требует большого количества подготовительных работ, поэтому Германии всё же приходится продолжать закупать энергоносители [2].

В условиях отказа от российских энергоносителей Германия начала поиск новых поставщиков. Заключена сделка с Польшей, в соответствии с которой поставки нефти будут происходить по трубопроводу «Дружба». Данный трубопровод закроют для российских энергоносителей, а заполнит трубопровод нефть из стран Ближнего Востока и США. Однако данные заявления являются трудновыполнимыми в ближайшей перспективе, следовательно, Германии придётся столкнуться с ростом цен на газ. Это объясняется тем, что США не смогут полностью обеспечить спрос потребителей из-за ограниченности импорта сланцевого газа. Помимо этого, сланцевый газ, ввозимый для использования, противоречит климатическим принципам. Поэтому ФРГ закупает в том числе сжиженный газ и Объединённых Арабских Эмиратов. Российский газ был очень выгоден Германии, т.к. для передачи огромных объёмов использовался газопровод «Северный поток–1», но через некоторое время, после ввода санкций в отношении данного газопровода поставки были снижены. Спустя непродолжительное количество времени данный газопровод подвергся взрыву ветки, что полностью ограничило передачу сжиженного газа по газопроводу. Это заставляет руководство страны расконсервировать угольные запасы, что негативно сказывается на экологии Германии.

Значимую роль в немецкой «зелёной» энергетике играет Китай, поскольку именно он обеспечивает Германию солнечными и ветряными электрогенераторами. Отказавшись от российских энергоносителей, Германия фактически попадает в зависимость от поставок Китая. Сегодня

Китай является конкурентом для крупных промышленных стран, в том числе для ФРГ, поэтому в немецком обществе конкурируют противоположные точки зрения – за пересмотр существующей модели сотрудничества и против коренных изменений взаимодействия в условиях энергетического кризиса [3].

Анализируя всё вышеупомянутое можно сформулировать следующее:

- Германия столкнулась с большим вызовом в ходе экономического и политического переустройства мира. В новых условиях необходимо повышать мобильность решений правительства с целью сохранения функционирования промышленности;

- энергетический кризис и рост инфляции являются новыми поводами для критики правительства, что непосредственно заставляет стремиться к сохранению баланса между экономической конкурентоспособностью страны на международной арене и «зелёной» повесткой.

Подводя итоги, можно сказать, что реализация энергетической «перестройки» предполагает внушительные финансово–экономические издержки. На ближайшее время достаточно сложно оценить перспективы развития энергетики Германии в связи с постоянным изменением внешних условий существования страны.

Источники

1. Степанова, К. К. Анализ функционирования энергетики в Германии / К. К. Степанова // Энергия–2022: Семнадцатая всероссийская (девятая международная) научно–техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых: Материалы конференции. В 6–ти томах, Иваново, 11–13 мая 2022 года. Том 6. – Иваново: Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина, 2022. – С. 77.

2. Кузнецов, Д. С. Ключевые факторы развития возобновляемых источников энергии в Германии / Д. С. Кузнецов, Х. Меннен // АПК России. – 2016. – Т. 23, № 2. – С. 349–355.

3. Шувалова, О. В. Особенности развития альтернативной энергетики Германии / О. В. Шувалова // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6. – С. 623.

ЦИФРОВИЗАЦИЯ В ЭНЕРГЕТИКЕ: КАК ТЕХНОЛОГИИ SMART GRID ВЛИЯЮТ НА ЭКОНОМИКУ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СЕКТОРА

Соловьева А.А.,

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

adelyasoloveva@icloud.com, adelya.fatikhova@mail.ru

Науч. рук. преп. Нурисламова А. Р.

В данной статье на примере технологий Smart Grid рассматривается роль цифровизации в энергетике. Описаны основные особенности применения интеллектуальных сетей, их влияние на экономику энергетического сектора, а также на снижение эксплуатационных расходов, повышение эффективности использования ресурсов и увеличение доли возобновляемых источников энергии. Помимо этого, рассматриваются преимущества перехода к цифровым энергетическим системам и проблемы, с которыми приходится сталкиваться энергетическим компаниям и государственным структурам в процессе этого перехода.

Ключевые слова: цифровизация, энергетика, Smart Grid, экономика, интеллектуальные сети, возобновляемая энергия.

Современное общество подвергается стремительным изменениям в связи с активным развитием цифровых технологий. Внедрение интеллектуальных энергосетей (Smart Grid) является одним из ключевых направлений цифровизации. Эти сети позволяют интегрировать различные источники энергии, эффективно управлять нагрузками, оперативно устранять неисправности и повышать общий уровень энергобезопасности [2]. Smart Grid не только модифицирует технические процессы энергоснабжения, но и оказывает значительное влияние на экономику как отдельных компаний, так и всей отрасли в целом.

Smart Grid (Интеллектуальные Энергосистемы) — это системы передачи электроэнергии от производителя к потребителю. Всё оборудование сетей Smart Grid взаимодействует друг с другом, используя современные информационные и коммуникационные технологии, и образует единую интеллектуальную систему энергоснабжения [1]. Основные элементы Smart Grid включают интеллектуальные счетчики, которые позволяют в режиме реального времени отслеживать потребление энергии, автоматические системы управления для эффективного

распределения энергоресурсов, а также технологии распределенной генерации, например, локальные источники энергии — солнечные панели на крышах домов.

Внедрение Smart Grid приносит значительные изменения в энергетический сектор. Основное преимущество заключается в снижении операционных расходов, благодаря автоматизации мониторинга и управления. Это уменьшает затраты на эксплуатацию сетей [3]. Автоматическое обнаружение и устранение неполадок сокращает время простоя и уменьшает убытки при авариях. Оптимизация потребления энергии позволяет пользователям лучше контролировать свои расходы, особенно это важно для крупных промышленных предприятий. Smart Grid также облегчает интеграцию возобновляемых источников, таких как солнечные и ветровые электростанции, что снижает зависимость от традиционных ресурсов и уменьшает углеродный след. Повышение энергоэффективности уменьшает потери в сети и снижает затраты на производство, одновременно снижая выбросы парниковых газов, что приносит экологические и экономические выгоды в долгосрочной перспективе [4].

Технологии Smart Grid уже активно внедряются в разных странах. В США, например, компания Oncor в Техасе установила более 3,4 миллионов интеллектуальных счетчиков, что позволило сократить время простоев на 20% и снизить затраты на обслуживание на 50 миллионов долларов в год. В Дании проект EnergyLab Nordhavn помогает гибко управлять энергией, что позволило интегрировать до 50% ветровой энергии в сеть, уменьшить зависимость от ископаемого топлива и сократить затраты на производство энергии. В Китае компания State Grid использует Smart Grid для управления зарядными станциями для электромобилей, что снижает нагрузку на традиционные электростанции и способствует развитию зеленой энергетики, снижая затраты на электроэнергию и зависимость от нефти.

Несмотря на все преимущества, внедрение Smart Grid может вызывать ряд проблем. Прежде всего, это колоссальные финансовые затраты на модернизацию существующей инфраструктуры. Речь идет не только о замене устаревшего оборудования, но и о создании новой инфраструктуры — высокоскоростных коммуникационных сетей, центров обработки данных и систем управления в реальном времени [5]. Более того, необходимо учитывать не только первоначальные инвестиции, но и текущие расходы на обслуживание и обновление оборудования. Помимо этого, цифровизация увеличивает риски кибератак и требует

дополнительных инвестиций в защиту данных. Также для работы с новыми технологиями и устранения неисправностей необходимо обучение большого количества специалистов.

Таким образом, технологии Smart Grid открывают новые горизонты для энергетического сектора. Однако их внедрение требует комплексного подхода и значительных инвестиций. Несмотря на существующие трудности, экономическая выгода от внедрения интеллектуальных сетей очевидна. В долгосрочной перспективе они помогут создать устойчивую, экономически эффективную и экологически безопасную энергетическую систему.

Источники

1. Криштаносов В. Б. Цифровая экономика: современные направления, динамика развития и вызовы // Труды БГТУ. Сер. 5, Экономика и управление. 2020. № 1. С. 23.
2. Энэка. Smart Grid или умные сети электроснабжения. [Электронный ресурс]. URL: <https://eneca.ru/novosti/energetika-i-energoeffektivnost/smart-grid-ili-umnye-seti-elektrosnabzheniya> (дата обращения: 07.10.2024).
3. Шондора О.И. Цифровые технологии в энергетике // Научный лидер. 2021. № 18 (20). С. 58– 60. [Электронный ресурс]. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=46350562> (дата обращения: 27.05.2023).
4. Применение цифровых технологий в сетях электроснабжения / И.А. Рахимжанова, А.Ф. Абдюкаева, Р.Р. Абдюкаев, Д.А. Круглов, С.А. Тимофеева, И.И. Полкунов // Материалы Совершенствование инженерно-технического обеспечения производственных процессов и технологических систем: сб. науч. трудов ОГАУ. – Оренбург – 2021. – С. 107–112.
5. Пискунов А. И., Глезман Л.В. Развитие промышленных предприятий в условиях становления цифровой экономики // Креативная экономика. 2019. Т. 13. № 3. С. 471–482.

НАСТАВНИК–СТУДЕНТ ДЛЯ ШКОЛЬНИКА, КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ПРЕСТИЖА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАЛИ

Федосеева Е.В.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

467816@mail.ru

Науч. рук Левина Е.Ю.

В тезисе предложена модель по работе «наставника–студента» со школьниками, для повышения престижа энергетической отрасли. Энергетический сектор является одним из ключевых и стратегически важных для любой страны. Трансформации этого сектора, вызванные изменениями в технологиях и стремлением к устойчивому развитию, создают новые возможности, а также ставят перед отраслью ряд серьезных вызовов. Для решения этих вопросов важна подготовка нового поколения специалистов, заинтересованных в карьере в энергетике. В этом контексте программа «наставник–студент» представляет собой эффективный инструмент профориентации школьников, способного в значительной мере повысить престиж энергетической отрасли.

Ключевые слова: наставник, наставник–студент, профориентация, энергетическая отрасль.

Профориентация играет решающую роль в выборе жизненного пути школьников. В условиях стремительного развития технологий и появления новых профессий, программы наставничества предоставляют возможность молодежи лучше понять, какие навыки и знания необходимы в энергетической сфере [1].

"Наставник–студент" для школьника — это старший товарищ или ментор, который обучается в высшем учебном заведении и помогает школьникам ориентироваться в выборе профессии, образовательных направлений и будущей карьеры [2]. Вот несколько ключевых аспектов роли наставника–студента: наставник делится своим опытом обучения, рассказывает о содержании учебных курсов и специфике выбранной специальности; наставник помогает школьнику разобраться в собственных интересах и способностях, предоставляет советы по выбору профиля обучения; наставник делится знаниями о различных профессиях, их требованиях, перспективах и реальных условиях работы; наставник вдохновляет школьника, рассказывая о своих успехах и преодоленных

трудностях, что может помочь сформировать у школьника позитивное отношение к учебе и самосовершенствованию; наставник создает безопасное пространство для общения, где школьник может задавать вопросы и делиться своими сомнениями без страха быть осужденным; наставник может передать практические советы и рекомендации по учебным методам, планированию времени и личностному развитию; наставник может помочь установить контакты с представителями образовательных учреждений или профессиональных сообществ (см. рисунок).



Рис. 1. Ключевые аспекты роли «наставник–студент».

Наставник–студент играет важную роль в поддержке школьников в их профессиональном самоопределении и помогает им делать осознанный выбор, основываясь на реальном опыте и знаниях [3]. В траектории обучения «школа–вуз–предприятие» электроэнергетическая отрасль получит ряд преимуществ, таких как увеличение числа квалифицированных кадров. Программы «наставник–студент» способствуют привлечению молодых людей в отрасль, что особенно актуально в свете старения рабочей силы. Школьники, заинтересованные в энергетике, с большей вероятностью выберут соответствующую специализацию в вузе. Так же для работодателей очень важно повышение имиджа отрасли. Энергетика иногда воспринимается как устаревшая и не очень инновационная сфера [4]. Однако, организовав программы наставничества и активно работая с молодежью, компании могут изменить этот стереотип, показать свою динамичность и современные подходы к решению актуальных проблем [5]. Увеличение развития инновационных идей для энергетической отрасли, так как школьники, будучи

вовлеченными в процесс, могут привести свежие идеи и нестандартные решения для решения насущных проблем в энергетике. Это обогащает профессиональное сообщество и может привести к новым идеям.

В контексте энергетической отрасли программа "наставник–студент" может предоставлять школьникам уникальную возможность изучить и понять эту динамично развивающуюся область [6]. Данная программа является важным элементом профориентации, помогающим формировать интерес к профессиям в энергетической отрасли [7]. За счет активного вовлечения молодежи, отрасль может не только повысить свой престиж, но и подготовить квалифицированные кадры, необходимые для ее дальнейшего развития. Создание таких инициатив становится шагом к формированию устойчивой и ответственной системы энергетики, которая будет способна справиться с вызовами будущего.

Источники

1. Мирошниченко О. А. (2021). "Перспективы и вызовы новой энергетики". Журнал энергетических исследований, 3(2), С. 45–60 .
2. Аксенова Л. И. (2019). "Имидж профессии в энергетической отрасли и его влияние на выбор карьерного пути". Образование и карьера, 12(4), С. 88–92.
3. Флорова Т. В. (2022). "Инновации в энергетике: роль молодежи и новые профессии". Мировая энергетика, 5(1), С. 25–39.
4. Громова С. А. (2023). "Наставничество как инструмент профориентации: опрос среди студентов и школьников". Психология и образование, 1(3), С. 15–20.
5. Селезнев, Д. К. О состоянии кадрового потенциала промышленного сектора экономики Республики Татарстан / Д. К. Селезнев, А. Г. Арзамасова, И. В. Юсупова // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике: Материалы XVII Всероссийской открытой молодежной научно-практической конференции, Казань, 20–22 октября 2022 года / Редколлегия: А.Г. Арзамасова (отв. редактор). – Казань: ООО "Издательство Фолиант", 2022. – С. 119-121. – EDN AOKCEE.
6. Смирнов М. Р. (2020). "Развитие системы образования в энергетическом секторе: вызовы и решения". Образование и энергетика, 9(2), С. 11–29.
7. Ковалев Н. (2021). "Современные подходы к обучению в контексте высоких технологий". Высшее образование, 8(1), С. 55–62.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ В УСЛОВИЯХ ОРГАНИЗАЦИОННО–ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Хабибрахманова А. А., Мухаметова Л. Р.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Российская Федерация
xabibraxmanova.adelina@mail.ru, liliyamyhametova@mail.ru

В статье проведен комплексный анализ современного состояния и перспектив электроэнергетики России в условиях организационно–экономической трансформации. Рассмотрены текущие вызовы в отрасли. Представлены данные о структуре генерации. Подчеркнута необходимость модернизации инфраструктуры и обновления мощностей. Особое внимание уделено перспективам перехода к низкоуглеродной экономике. Проанализированы меры по увеличению доли возобновляемых источников энергии (ВИЭ) с акцентом на солнечную и малую гидроэнергетику. Исследован сценарный анализ развития энергетики РФ до 2050 года. Рассмотрены планы развития водородной энергетики. Исследованы внешние факторы, включая ограничения экспорта энергоресурсов в Европу. Статья также охватывает анализ прогнозируемых затрат на модернизацию и развитие инфраструктуры до 2035 года. Также проанализированы перспективы для восточных регионов и влияние внешнеэкономических факторов на экспортные стратегии России.

Ключевые слова: электроэнергетика, низкоуглеродная экономика, модернизация, ВИЭ, ТЭС, водородная энергетика, декарбонизация, диверсификация рынков, сценарный анализ, цифровизация.

Электроэнергетика России, одна из крупнейших и наиболее централизованных в мире, сегодня покрывает более 85% энергетических нужд страны. Однако структура её генерации, базирующаяся на тепловых электростанциях (ТЭС), гидроэлектростанциях и атомных электростанциях, требует масштабной модернизации для повышения эффективности и снижения углеродного следа. ТЭС остаются доминирующим источником, обеспечивая 62,92% выработки, тогда как гидро– и атомная энергетика занимают доли в 17,6% и 19,3% соответственно. При этом свыше 60% оборудования на ТЭС работает уже более 40 лет, что снижает общую конкурентоспособность отрасли и требует значительных усилий по обновлению мощностей и модернизации инфраструктуры, особенно в условиях, когда Россия занимает лишь 43–е

место по цифровой конкурентоспособности в мире [1]. В условиях организационно–экономической трансформации, вызванной глобальным переходом к низкоуглеродной энергетике и усилением цифровизации, отрасль сталкивается с необходимостью модернизации и развития.

С переходом к низкоуглеродной энергетике Россия сталкивается с необходимостью институциональной трансформации для реализации концепции декарбонизации, децентрализации и цифровизации. Сегодня доля возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в России крайне мала, занимая менее 0,2% от общего объема генерации. Однако, по стратегическим планам, к 2035 году ВИЭ должны стать конкурентоспособными на рынке, не нуждаясь в государственном субсидировании, что сделает их более экономически эффективными и привлекательными. Важным направлением в этом переходе является внедрение суперсверхкритических блоков на угольных ТЭС и парогазовых установок, что позволит повысить эффективность топливного использования с 36% до 55% [2].

Для восточных регионов России развитие локальных источников энергии на основе ВИЭ имеет стратегическое значение. На обширных удаленных территориях малые гидроэлектростанции и солнечная генерация способны обеспечить населенные пункты стабильной энергией, что снизит потребность в дорогостоящем строительстве линий электропередач. Эти меры помогут стимулировать экономическое развитие, улучшить экологическую обстановку и создадут условия для более устойчивого снабжения отдаленных населенных пунктов.

Сценарный анализ показывает, что к 2050 году энергетический переход предполагает существенное сокращение использования традиционных источников, таких как уголь и нефть, и переход на экологически чистые виды энергии. По сценарию "Трансформация", предложенному российскими энергетическими компаниями, потребление природного газа может сократиться на 14%, а угля — на 30% [3]. В то же время доля солнечной и ветряной генерации, в том числе благодаря ожидаемому росту водородной энергетики, может составить до 29%. Россия стремится расширить экспорт водорода, планируя к 2050 году достичь объемов поставок до 7,9–33,4 млн тонн, что может составить до 20% мирового рынка [4]. Кроме того, внешние вызовы усиливают потребность России в диверсификации рынков сбыта энергоносителей, особенно на фоне сокращения поставок в Европу. Для обеспечения энергетической безопасности Россия активно развивает экспорт сжиженного природного газа (СПГ) и водорода на азиатские рынки.

Переход на расчеты в национальной валюте и развитие инфраструктуры для экспорта СПГ и ВИЭ — ключевые направления, нацеленные на снижение зависимости от европейского рынка и укрепление позиций на мировом энергетическом рынке.

Для реализации этих планов потребуются значительные инвестиции и ввод новых генерирующих мощностей. Согласно прогнозам, общий объем генерации к 2035 году составит 1352–1514 млрд кВт·ч, что потребует ввода новых мощностей на уровне 73,5–85,9 млн кВт и вложений до \$180 млрд, в зависимости от сценария развития [5]. Эти инвестиции помогут создать эффективную, устойчивую и конкурентоспособную энергетическую систему, способную отвечать как на внутренние, так и на внешние вызовы новой энергетической реальности.

Таким образом, энергетический сектор России проходит масштабную трансформацию нацеленную на улучшение его экологической эффективности и устойчивость. Внедрение ВИЭ, модернизация традиционных электростанций и расширение экспорта новых видов энергии становятся основными приоритетами, обеспечивающими дальнейшую стабильность и конкурентоспособность страны в условиях изменяющейся глобальной энергетической политики.

Источники

1. Василенко Н. В. Энергетика России: состояние и перспективы развития при переходе к низкоуглеродной экономике // Экономическое возрождение России. – 2022. – № 2(72). – С.144–160.
2. Вагин, Г. Я. Состояние и перспективы развития электроэнергетики в России / Г. Я. Вагин // Интеллектуальная электротехника. – 2021. – № 2 (14). – С. 4–14.
3. Константинов, А. М. Энергетические переходы. Прошлое и будущее / А. М. Константинов, Ю. А. Константинова, Д. Е. Квак, В. И. Кольцов, С. А. Станишевский // Транспорт Азиатско–Тихоокеанского региона. – 2020. – № 4 (25). – С. 84–89.
4. Телегина, Е. А. Энергетический переход и постковидный мир / Е. А. Телегина // Мировая экономика и международные отношения. – 2021. – Т. 65, № 6. – С. 79–85.
5. Ермоловская О.Ю. Долгосрочные перспективы развития электроэнергетики Российской Федерации в обеспечении экономической безопасности // Экономическая безопасность. – 2024. – Т. 7. – № 2. – С. 409–424.

ИННОВАЦИОННО–ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В УПРАВЛЕНИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКОЙ

Хайдаршина А.И.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

alsuhajdarsina@mail.ru

Науч. рук. доц. Дубровская Е.С.

В статье рассматриваются инновационно–технологические решения, применяемые в современном управлении электроэнергетическими системами. Особое внимание уделяется цифровизации процессов управления и внедрению автоматизированных систем на базе искусственного интеллекта, которые позволяют повысить надежность и эффективность функционирования электроэнергетических систем. Также проанализированы тенденции использования смарт–технологии и интернет вещей (IoT) в энергетике

Ключевые слова: электроэнергетика, инновации, управление, автоматизация, цифровизация, смарт–технологии, искусственный интеллект, диспетчеризация.

Современная электроэнергетика находится на пороге масштабной трансформации, вызванной необходимостью повышения эффективности, устойчивости и адаптивности энергосистем. Этот процесс требует внедрения инновационных технологий, которые способны не только оптимизировать работу существующих систем, но и предложить новые подходы к управлению энергетическими потоками. В последние годы особое внимание уделяется цифровизации процессов управления, что позволяет автоматизировать многие рутинные задачи и минимизировать человеческий фактор [3].

Прежде всего, следует отметить, что быстрые изменения в энергетике ставят перед инженерами и операторами новые задачи по обеспечению безопасности и надежности работы сетей. В связи с увеличением нагрузки на энергетическую инфраструктуру, всё большую важность приобретает использование автоматизированных систем, способных оперативно реагировать на изменения в сети и предотвращать аварийные ситуации [4]. Инновационные решения на базе искусственного интеллекта и машинного обучения помогают не только повысить устойчивость системы, но и сократить эксплуатационные издержки.

Таким образом, современное управление электроэнергетикой опирается на синтез различных технологических направлений, что позволяет обеспечить бесперебойное и эффективное энергоснабжение. В данной работе будет рассмотрен комплекс инновационно–технологических решений, которые активно применяются в управлении электроэнергетическими системами, а также перспективы их дальнейшего развития.

Цифровизация в электроэнергетике открывает новые горизонты для управления системами. Процессы ранее требовавшие значительных затрат времени и ресурсов. Теперь могут выполняться автоматически с минимальным вмешательством человека.

Эти технологии основаны на сборе и обработке больших объемов данных в реальном времени. Например, системы SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) играют ключевую роль в мониторинге и контроле за состоянием энергетических объектов. Они обеспечивают сбор данных с сенсоров, анализ информации и передачу управляющих сигналов для автоматической корректировки работы оборудования. Это позволяет повысить надежность энергосистем, минимизировать риски сбоев и аварийных ситуаций, а также снизить эксплуатационные затраты.

Внедрение IoT в энергетику кардинально меняет подход к управлению электрическими сетями. Каждый элемент системы становится интерактивным и подключенным к сети. Это позволяет создавать так называемые "цифровые двойники" энергетических объектов, что предоставляет новые возможности для анализа и прогнозирования работы системы.

Смарт–технологии также способствуют оптимизации энергопотребления. Например, интеллектуальные системы управления могут автоматически регулировать потребление энергии в зависимости от текущих условий [2]. Это особенно важно для интеграции возобновляемых источников энергии, таких как солнечные батареи и ветровые турбины, которые подвержены колебаниям из–за изменений погодных условий.

Особенно важным направлением является использование искусственного интеллекта (ИИ) для интеграции возобновляемых источников энергии, таких как солнечные панели и ветряные турбины, в общую энергосеть [1]. Поскольку генерация энергии этими источниками зависит от погодных условий, ИИ может анализировать метеорологические данные, прогнозировать изменение мощности, генерируемой такими станциями, и соответственно корректировать распределение энергии в сети. Таким образом, ИИ способствует созданию более гибкой и устойчивой энергетической системы, которая может адаптироваться к изменениям в генерации и потреблении.

ИИ также используется для повышения эффективности работы энергетических объектов, таких как электростанции и подстанции. Системы на базе машинного обучения могут обучаться на данных о работе оборудования и предсказывать его выход из строя [5]. Это позволяет проводить профилактическое обслуживание и замену компонентов заранее, до того, как произойдет поломка, что снижает эксплуатационные затраты и предотвращает аварии.

В перспективе ожидается, что искусственный интеллект станет неотъемлемой частью не только операционного управления, но и стратегического планирования в энергетике. Благодаря способности ИИ анализировать данные и предсказывать долгосрочные тенденции, можно будет оптимизировать проектирование новых энергетических объектов и адаптировать инфраструктуру к изменениям климата и росту нагрузки на сети.

Таким образом, инновационно–технологические аспекты играют ключевую роль в развитии электроэнергетики. Цифровизация, смарт–технологии и ИИ стали неотъемлемой частью управления энергосистемами, предоставляя операторам новые инструменты для повышения эффективности и надежности. Эти технологии позволяют оптимизировать процессы и интегрировать возобновляемые источники энергии, адаптируясь к новым вызовам. Развитие автоматизации и интеллектуальных систем создает более гибкие и устойчивые энергетические сети. В будущем ожидается дальнейшее углубление интеграции ИИ и IoT в управление энергосистемами, что повысит эффективность и устойчивость.

Источники

1. Борисов М.Н. Искусственный интеллект в управлении возобновляемыми источниками энергии // Энергетическая политика. 2020.
2. Воропай Н.И., Стенников В.А. Интегрированные энергетические системы. В кн.: Инновационная электроэнергетика–21 / Под ред. Батенина В.М., Бушуева В.В., Воропая Н.И. М.: ИЦ «Энергия». 2017
3. Зайцев К.С. Применение цифровых технологий в диспетчеризации энергосистем // Электротехника и электроэнергетика. 2021.
4. Ховалова Т.В. Эффекты внедрения интеллектуальных электросетей // Стратегические решения и риск–менеджмент // <https://cyberleninka.ru/article/n/effekty-vnedreniya-intellektualnyh-elektroenergeticheskikh-setey/viewer>
5. Хренников А.Ю., Любарский Ю.А. Использование элементов искусственного интеллекта: компьютерная поддержка оперативных решений в интеллектуальных энергетических сетях. М.: Литрес. 2021.

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ В ОБРАЗОВАНИИ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ И АВТОМАТИЗАЦИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СЕКТОРА

Хан М.М., Гаврилов В.А.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

m4rie.kay@yandex.ru, 2s19gavr@mail.ru

Науч. рук. профессор Грачева Е.И.

В условиях стремительной цифровизации и автоматизации энергетического сектора ключевого элемента экономики многих стран, возникает необходимость пересмотра традиционных методов подготовки специалистов в области энергетики. Рост новых технологий, таких как искусственный интеллект, большие данные и интернет вещей, требует от образовательных учреждений внедрения инновационных подходов. В данной статье рассматриваются основные аспекты педагогики в энергетическом секторе, историческое развитие образовательных программ, текущее состояние подготовки специалистов, а также предлагаются потенциальные направления для дальнейшего развития.

Ключевые слова: инновационные подходы, образование, подготовка специалистов, цифровизация, автоматизация, энергетический сектор, педагогика, технологии.

Цифровизация и автоматизация энергетического сектора создают новые вызовы, требующие от учебных заведений пересмотра подходов к подготовке кадров. Существующие программы обучения зачастую не учитывают стремительно меняющиеся факторы окружающей среды, что приводит к необходимости поиска инновационных решений [1].

На протяжении последнего века подготовка специалистов в сфере энергетики проходила несколько этапов. Начиная с традиционных производственных навыков на уровне технических училищ, впоследствии образовательные учреждения начали внедрять теоретические основы и исследования. К концу 20-го века с развитием информационных технологий стал актуален переход к многоуровневым системам образования.

Современные образовательные технологии, такие как онлайн-курсы, вебинары и платформы для дистанционного обучения, значительно изменили процесс получения знаний. Важные аспекты включают:

- Интеграция технологий: Использование симуляторов и виртуальной реальности для обучения работе с современными энергетическими системами [2].

- Гибкое обучение: Модульные программы, позволяющие студентам выбирать курсы в зависимости от интересов и нужд рынка труда [3].

- Проектное обучение: Участие студентов в реальных проектах, где они применяют свои знания на практике.

Основные проблемы и вызовы:

1. Отставание образовательных программ от скорости изменений в секторе: Учебные планы часто обновляются с задержкой, в результате чего студенты выходят на рынок с устаревшими навыками [4].

2. Недостаток практического опыта: не смотря на теоретическую подготовку, студенты часто не имеют возможности применять знания на практике.

3. Проблемы с привлечением преподавателей: Высококвалифицированные специалисты уходят в промышленность, что приводит к дефициту компетентных педагогов.

Возможные направления развития:

1. Массированное внедрение технологий: Упор на обучение с использованием технологий, таких как большие данные и облачные вычисления.

2. Партнерство с индустрией: Создание коллабораций между учебными заведениями и компаниями, работающими в энергетическом секторе, для разработки новых учебных курсов и стажировок.

3. Интердисциплинарный подход: Разработка программ, объединяющих энергетику с информационными технологиями, экологии и менеджмента.

Инновационные подходы в образовании для подготовки специалистов в условиях цифровизации и автоматизации энергетического сектора имеют значительный потенциал. При наличии координирующих усилий со стороны государственных органов, образовательных учреждений и промышленности можно решить многие существующие проблемы. Важно учитывать требования времени и находить баланс между теоретическими знаниями и практическими навыками, что позволит удовлетворять потребности динамично развивающегося рынка труда в сфере энергетики.

Источники

1. Селезнев, Д. К. О состоянии кадрового потенциала промышленного сектора экономики Республики Татарстан / Д. К. Селезнев, А. Г. Арзамасова, И. В. Юсупова // Диспетчеризация и управление в электроэнергетике: Материалы XVII Всероссийской открытой молодежной научно-практической конференции, Казань, 20–22 октября 2022 года / Редколлегия: А.Г. Арзамасова (отв. редактор). – Казань: ООО "Издательство Фолиант", 2022. – С. 119-121. – EDN AOKCEE.
2. Hwang, G. J., & Chang, T. H. (2011). "A Hierarchical Framework for Evaluating E-Learning." *Educational Technology & Society*, 14(3), 12–25.
3. De Lange, P., & Mavrommatis, P. (2013). "The Role of Technology in Improving Education." *International Journal of Engineering Education*, 29(2), 578–585.
4. Beers, F. (2015). "Transforming Energy Education in Higher Education." *Journal of Renewable Energy*, 8(1), 45–56.

РОЛЬ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ИНИЦИАТИВ В СТАНОВЛЕНИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СЕКТОРА РОССИИ

Хуртина А.А., Хусаинова Р.Р.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

arinahurtina0@gmail.com, mad.ralya@mail.ru

Науч. рук. доц. Уразбахтина Л.Р.

В статье рассматривается роль государственных инициатив в развитии электроэнергетического сектора России. Анализируются ключевые государственные программы и реформы, направленные на модернизацию инфраструктуры, повышение энергоэффективности и устойчивости энергетической системы. Особое внимание уделяется вопросам регулирования, инвестиционной политики и внедрения инновационных технологий.

Ключевые слова: электрификация государства, энергетическая система, энергия, электростанции

Энергетический сектор России прошел значительный путь своего развития, и государственные инициативы оказали решающее влияние на его формирование и обновление. Рассмотрим ключевые этапы и действия, предпринятые государством для создания эффективной электросетевой системы.

В последние десятилетия XIX века в России начали функционировать первые электростанции. В 1886 году в Санкт–Петербурге заработала первая электростанция, после чего последовали строительство и запуск ряда других. Государство активно включилось в развитие сферы электроэнергетики, создавая специализированные комитеты и организации для ее регулирования.

После революции в октябре 1917 года государство взяло на себя управление энергетическим сектором. В 1920–х годах стартовала масштабная электрификация страны, осуществляемая в рамках программы ГОЭЛРО (Государственная Электрификация России), которая была утверждена в 1920 году. Данная программа предусматривала создание крупных гидроэлектростанций и тепловых электростанций, что способствовало активному развитию промышленности и улучшению условий жизни граждан.

Программа ГОЭЛРО сыграла ключевую роль в электрификации, что

дало возможность обеспечить электроэнергией как промышленные объекты, так и населенные пункты. Строительство крупных гидроэлектростанций, например, Днепровской и Саяно–Шушенской, обеспечивало стабильное электроснабжение и способствовало экономическому росту.

В 1950–х годах началась реализация проектов по созданию единой энергетической структуры в стране. Этот шаг позволил соединить различные регионы и обеспечить надежные источники энергии. Государственные меры включали возведение межрегиональных линий электропередачи, что способствовало более эффективному распределению энергетических ресурсов.

В 70–80–х годах XX века государство стало активно вкладывать средства в обновление энергетических мощностей. Новые технологии были разработаны, что способствовало увеличению производственной эффективности в электроэнергетике. Программы, направленные на экономию энергии и развитие альтернативных источников, начали привлекать внимание, хотя и не с такой интенсивностью, как в других государствах [1].

В начале 90–х годов XX века в России началась приватизация и открытие рынка, что способствовало формированию конкурентной среды в сфере электроэнергии. Это стало частью более масштабной экономической реформы. В 2001 году была утверждена концепция модернизации электроэнергетического сектора, которая предусматривала создание независимого системного оператора, а также деление функций на генерацию, передачу и распределение электроэнергии.

В результате этих реформ на рынок вышло множество новых компаний, что способствовало увеличению инвестиционной привлекательности сектора. Гибкая система цен и конкуренция между производителями электроэнергии помогли снизить затраты и улучшить качество услуг. Однако возникли и проблемы, связанные с неспособностью некоторых регионов адаптироваться к новым условиям, что привело к периодическим отключениям электроэнергии и недостаткам в инфраструктуре. В 2010–х годах стала актуальной тема устойчивого развития и перехода на альтернативные источники энергии. Российское правительство начало формировать программы по стимулированию возобновляемых источников, таких как солнечная и ветровая энергия [2].

В последние годы разработано несколько государственных инициатив по развитию сектора электроэнергетики, включая "Энергетическую стратегию России на период до 2035 года", в которой

особое внимание уделяется устойчивому росту и внедрению инновационных технологий. Поддержка возобновляемых источников энергии (ВИЭ) стала ключевым элементом государственной стратегии, что соответствует мировым тенденциям в области охраны окружающей среды и устойчивого развития [3].

Правительство продолжает активно вкладывать средства в обновление существующих инфраструктурных объектов, строительство новых электростанций и развитие электрических сетей. Программы по цифровизации сектора электроэнергетики и внедрению умных электрических сетей становятся важнейшими направлениями государственной политики [4].

Государственные программы и инициативы оказали значительное влияние на формирование и эволюцию сектора электроэнергетики в России. Начиная с первых усилий по электрификации страны и заканчивая современными реформами и стратегиями, ориентированными на устойчивое развитие и модернизацию, государство продолжает оставаться основным участником в данной области. Адаптация к новым вызовам, таким как изменение климатических условий и внедрение технологических новшеств, представляет собой важную задачу для обеспечения надежного и эффективного энергоснабжения для будущих поколений.

Источники

1. Интегрирующая роль топливно–энергетического комплекса в развитии Российской Федерации. // Энергетика и промышленность России. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.eprussia.ru/epr/11/465.htm> (дата обращения: 27.10.2024).
2. Стратегия развития электроэнергетики на период до 2020 г. – М.: ИНЭИ РАН, 2000.
3. Новак А.В. Основные положения энергетической стратегии России на период до 2035 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-polozheniya-energeticheskoy-strategii-rossii-do-2035-goda/viewer> (дата обращения: 20.10.2024).
4. Дюдина, О. В. Основные тенденции и инструменты цифровой трансформации энергетических компаний / О. В. Дюдина, Л. Р. Уразбахтина // Экономика и предпринимательство. – 2024. – № 5(166). – С. 1001–1004. – DOI 10.34925/EIP.2024.166.5.204.

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВНЕДРЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В УПРАВЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ

Шагимарданова Г. Ф.,

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

shagimardanova_22@mail.ru, adelya.fatikhova@mail.ru

Науч. рук. преп. Нурисламова А. Р.

Развитие искусственного интеллекта (ИИ) открывает новые возможности для повышения надежности и эффективности энергетического сектора. В данной статье проводится экономический анализ внедрения ИИ в управление энергетическими ресурсами. Рассмотрены преимущества и недостатки, а также влияние на экономическую эффективность организаций, занимающихся генерацией, передачей и распределением, а также сбытом электрической энергии. В статье акцентируется внимание на ключевых аспектах оптимизации процессов и повышения рентабельности энергосистем.

Ключевые слова: искусственный интеллект, энергетические ресурсы, экономический анализ, интеллектуальные энергосети, оптимизация.

Использование ИИ в энергетическом секторе способствует оптимизации процессов, повышению надежности и улучшению прогнозирования. Сегодня, стремясь снизить затраты и повысить устойчивость энергосистем, энергетические компании по всему миру внедряют ИИ [1]. Так, в 2023 году компания General Electric внедрила систему Predix, которая использует ИИ для анализа данных и прогнозирования технического состояния оборудования на тепловых электростанциях. Это позволило сократить затраты на обслуживание оборудования на 25% и снизить аварийные простои на 15%. Экономический эффект был обусловлен не только снижением расходов на ремонт, но и увеличением производительности станций.

Также, ИИ применяется в системах передачи и распределения энергии с целью повышения надежности и наблюдаемости сетей. В России группа компаний «Россети» активно внедряет ИИ для мониторинга и управления электрическими сетями. Например, с 2020 года в некоторых регионах используется система на основе ИИ для автоматического обнаружения и устранения дефектов в линиях электропередач. По оценкам

компании, это привело к сокращению потерь электроэнергии на 5% и уменьшило число аварий на 20%. Экономический эффект заключается в снижении затрат на восстановление линий и уменьшении потерь при передаче.

Энергосбытовые компании используют ИИ для прогнозирования спроса и оптимизации закупок [2]. Испанская энергосбытовая компания Iberdrola использует ИИ для прогнозирования спроса на электроэнергию. Алгоритмы учитывают сезонные колебания, погодные условия и потребительские паттерны. В результате, это позволило сократить отклонения прогнозов на 30%, что привело к снижению операционных затрат на закупку электроэнергии и более точному планированию ценовой политики.

Внедрение ИИ автоматизирует большую часть процессов, что снижает расходы на ручную обработку данных и оперативное управление. Например, применение интеллектуальных систем на тепловых электростанциях позволяет прогнозировать неисправности и оптимизировать затраты на обслуживание [3]. В свою очередь, компании могут более точно прогнозировать потребление и закупки, экономя при этом свои средства.

Прогнозирование спроса и предложения на основе ИИ позволяет избежать излишков или дефицита электроэнергии, что уменьшает издержки на содержание резервных мощностей [4]. Внедрение таких систем компанией Dominion Energy (США) позволило снизить затраты на 7% за счет оптимизации закупок энергии. ИИ также активно применяется в системах управления энергией (EMS) для оптимизации работы потребителей. По данным McKinsey, такие системы могут сократить энергопотребление в промышленности на 15–20%.

Важно помнить о том, что использование ИИ в энергетике имеет свои недостатки, одним из которых является кибербезопасность. По мере роста уровня цифровизации растет и риск кибератак на энергосистемы. Для предотвращения таких угроз необходимо усиление мер безопасности [5]. Согласно отчету Европейского агентства по кибербезопасности, за последние три года количество атак на энергетические системы увеличилось на 40%. Еще одной проблемой являются высокие начальные инвестиции, которые необходимы для разработки алгоритмов, закупки оборудования и обучения персонала. Эксперты отмечают, что затраты на внедрение интеллектуальных систем управления в энергосетях могут составлять от 2 до 5% от общего бюджета проекта.

Экономический анализ показывает, что внедрение ИИ в управление энергетическими ресурсами является экономически выгодным, так как способствует снижению операционных затрат, повышению точности прогнозов и оптимизации потребления энергии. Внедрение ИИ в сферах генерации, передачи, распределения и сбыта электроэнергии помогает сделать энергосистемы более надежными и эффективными. Такие компании, как General Electric, Iberdrola и «Россети», уже показали, как использование ИИ может значительно повысить стабильность работы и экономичность.

Источники

1. Сергеев, Л. И. Цифровая экономика: учебник для вузов / Л. И. Сергеев, Д. Л. Сергеев, А. Л. Юданова ; под редакцией Л. И. Сергеева. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 437 с
2. Ивановский Б.Г. Экономические эффекты от внедрения технологий «искусственного интеллекта» // Социальные новации и социальные науки. 2021. №2 (4). [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskie-effekty-otvnedreniya-tehnologiy-iskusstvennogo-intellekta> (дата обращения: 20.10.2024).
3. Галикеева Н.Н., Фархиева С.А. О национальной стратегии развития искусственного интеллекта до 2030 года в РФ и федеральном проекте «искусственный интеллект» // Современная школа России. Вопросы модернизации. – 2021. – № 3–1(36). – с. 186–188.
4. Цифровая трансформация в ТЭК ускорится // ComNews: сайт. – 2022. [Электронный ресурс] URL: <https://www.comnews.ru/content/220625/2022-06-08/2022-w23/cifrovaya-transformaciya-tek-uskoritsya> (дата обращения: 21.10.2024).
5. Интеллектуальная диагностика и предиктивный анализ – основа цифровой энергетики // Научно–производственный комплекс «Интеграл»: [Электронный ресурс] URL: <https://integralrussia.ru/2023/02/01/intellektualnaya-dagnostika-i-prediktivnyjanaliz-osnova-tsifrovoj-energetiki/?ysclid=lkcp180p3w993615613> (дата обращения: 23.10.2024).

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМ НА ЭКОНОМИКУ ПРЕДПРИЯТИЯ

Юсупова Р.И., Зарипова Р.С.
ФГБОУ ВО «КГЭУ», Россия, г. Казань
reginayusupova2805@gmail.com

В данной статье проводится исследование влияния интеллектуальных энергосистем на экономику российских предприятий в контексте модернизации энергетического сектора. Рассматриваются основные экономические эффекты, которые включают в себя повышение эффективности, надежности и устойчивости энергоснабжения. Особое внимание уделяется интеграции информационно-коммуникационных технологий с традиционной энергетической инфраструктурой.

Ключевые слова: энергетический сектор, модернизация, устойчивость, автоматизация, интеллектуальные энергосистемы, экономика предприятия.

Россия обладает возможностями для развития энергетического сектора, так как является одним из ведущих мировых производителей и потребителей электроэнергии. Электроэнергетический комплекс страны находится на стадии преобразований, которые обусловлены ростом требований со стороны заинтересованных сторон и необходимостью внутренней модернизации. В данном контексте внедрение интеллектуальных энергосистем приобретает особую значимость. Данные системы объединяют современные информационно-коммуникационные технологии с текущей энергетической инфраструктурой и влияют на повышение экономической эффективности и устойчивость предприятий [1]. Цель данного исследования — изучить экономические эффекты внедрения интеллектуальных энергосистем в различных секторах промышленности.

Интеллектуальные энергосистемы (ИЭС) — это современные комплексные системы управления энергией, которые объединяют традиционные компоненты энергетической инфраструктуры с передовыми информационно-коммуникационными технологиями. Основная цель ИЭС состоит в оптимизации процессов генерации, распределения и потребления электроэнергии для повышения общей эффективности и устойчивости энергетического сектора. Основными характеристиками интеллектуальных энергосистем являются: автоматизация и контроль, использование

сенсоров и интеллектуальных счетчиков для мониторинга в режиме реального времени, гибкость и адаптивность, возможность адаптации к изменениям в энергетических потоках, интеграция возобновляемых источников энергии, поддержка подключения и управления источниками возобновляемой энергии, информационная поддержка, применение больших данных и аналитики, устойчивость и безопасность, обеспечение высокой надёжности и безопасности энергопоставок [2, 6].

Рассмотрим основные эффекты внедрения энергетических систем и влияние на промышленные, научные и бытовые сферы.

Интеллектуальные энергосистемы позволяют промышленным предприятиям создавать избыточные объемы электроэнергии, что диверсифицирует источники дохода и увеличивает финансовую устойчивость предприятий за счет новых потоков прибыли. Системы управления спросом позволяют адаптировать их электропотребление в зависимости от времени суток, сезона и нагрузки на сеть. Таким образом, предприятия получают непосредственную экономическую выгоду от более сознательного использования энергии. Снижается зависимость от традиционных источников электроэнергии, способствуя уменьшению уязвимости к колебаниям цен и потенциальным перебоям в электроснабжении. Благодаря способности работать как в составе национальной электросети, так и автономно, интеллектуальные системы обеспечивают более стабильное энергоснабжение [3].

Основными результатами внедрения энергетических систем для науки, IT-сферы и промышленности является рост спроса на высокотехнологичное оборудование и ПО [4]. Возможность разработки передовых решений и их последующего экспорта расширяет международные рынки, укрепляя экономическое положение и открывая дополнительные каналы доходов.

Для бытовых же потребителей происходит оптимизация стоимости электроэнергии через расширение конкурентной среды и снижение инвестиционной составляющей. Кроме того, непрерывный мониторинг энергопотребления дает возможность потребителям более точно прогнозировать и контролировать своё энергопотребление.

Исследования ИНЭИ РАН показывают, что к 2030 году внедрение интеллектуальных систем и возобновляемых источников энергии поможет снизить потребность в установленной мощности на 10% (34 ГВт) и сократить энергопотребление на 9% (140 млрд кВт·ч). Снижение потерь в сетях с 30% до 8% также станет значительным достижением. Это приведет к уменьшению затрат на генерацию и сетевые объекты, а также к

снижению эксплуатационных и топливных затрат на 750 млрд руб и 560 млрд руб соответственно. Снижение платы за выбросы парниковых газов позволит сэкономить 180 млрд руб, а общий экономический эффект может составить около 3,5 трлн руб к 2030 году [5].

Таким образом, интеллектуальные энергосистемы представляют значительный потенциал для повышения экономической эффективности и устойчивости предприятий. Инструменты для оптимизации энергопотребления, управления рисками и снижения затрат, становятся неотъемлемой частью современной энергетической стратегии. Хотя эти системы требуют значительных первоначальных инвестиций, их долгосрочные преимущества обещают значительные экономические выгоды как для предприятий, так и для общества в целом.

Источники

1. Дзюба А. П., Семиколенов А. В. Ключевые направления интеграции систем активных энергетических комплексов в современную промышленность России // Вестник МФЮА. 2022. №3.
2. Звягин Л.С. Энергетика современной экономики: цифровой рывок или новые вызовы и барьеры // Хроноэкономика. 2020. № 2 (23). С. 24–31.
3. Кондраков О.В. Интеллектуальная энергетика как перспектива роста экономики // В сборнике: современные материалы, техника и технология. Москва, 2019. С. 278–282.
4. Ховалова Т.В., Жолнерчик С.С. Эффекты внедрения интеллектуальных электроэнергетических сетей // Стратегические решения и риск-менеджмент. 2018;(2):92–101.
5. Отчет о разработке стратегической программы исследований технологической платформы «Интеллектуальная энергетическая система России». М.: РЭА, 2012. 53 с. URL: www.smartgrid.ru
6. Дроина А.А., Зарипова Р.С. Современные проблемы и перспективы развития топливно-энергетического комплекса / Технологический суверенитет и цифровая трансформация: материалы международной научно-технической конференции. Казань, 2023. С. 138–140.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТРАТЕГИЙ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ И КИТАЯ

Юсупова Р.И.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», Россия, г. Казань

reginayusupova2805@gmail.com

Науч. рук. доц. Зарипова Р.С.

В данной статье проводится сравнительный анализ различных стратегий цифровизации электросетевого комплекса России и Китая, приводятся примеры подходов. Несмотря на общую цель обеих стран в повышении эффективности, надежности и устойчивости энергоснабжения, подходы различаются. Россия ориентирована на централизацию и создание единой цифровой среды, в то время как Китай делает ставку на децентрализацию и практические результаты, адаптируясь к динамичному развитию ВИЭ. Анализ опыта обеих стран, позволяет выявить перспективные направления развития национальных энергетических систем и спрогнозировать глобальные тренды в энергетике.

Ключевые слова: цифровизация, электросетевой комплекс, интеллектуальные сети, стратегии, трансформация.

В контексте стремительного развития технологий и возрастающих глобальных вызовов современности, цифровизация электросетевого комплекса (ЭСК) выступает катализатором для повышения эффективности, надежности и устойчивости энергоснабжения [1]. Внедрение цифровых технологий меняют традиционные модели функционирования энергетических систем и позволяет не только оптимизировать использование ресурсов, но и обеспечить повышение уровня надежности энергоснабжения [2]. Россия и Китай – это страны, которые являются ключевыми участниками на мировом энергетическом рынке и активно реализуют национальные стратегии цифровизации ЭСК. Однако в подходах данных стран наблюдаются различия, обусловленные особенностями их энергетических систем, структурами государственного управления и другими макроэкономическими факторами. Целью статьи является анализ стратегий цифровизации электросетевого комплекса России и Китая, который позволит выявить перспективные направления развития национальных энергетических систем и спрогнозировать

тенденции формирования глобальной энергетической архитектуры в будущем.

Российская стратегия цифровизации ЭСК ориентирована на создании единой централизованной цифровой среды. Ключевым элементом данной стратегии является концепция «единого информационного пространства», которая предполагает объединение данных от разных субъектов электроэнергетики на одной платформе. Как инструмент повышения надежности энергоснабжения и оптимизации инвестиционных решений рассматривается внедрение риск-ориентированного управления на базе цифровых технологий. Стратегия цифровой трансформации ПАО «Россети» на 2024–2027 гг. иллюстрирует данный подход, уделяя особое внимание созданию единой цифровой архитектуры и стандартизации бизнес-процессов. Данная стратегия включает свыше 250 проектов, сгруппированных по 12 ключевым направлениям. В соответствии с поручением Президента РФ, особое внимание уделяется внедрению технологий искусственного интеллекта [3]. Цифровизация энергетического сектора России осуществляется в рамках ведомственного проекта «Цифровая энергетика» и отражается в Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года [4].

Китайская стратегия цифровизации ЭСК отличается большей децентрализацией и ориентацией на практические результаты. Например, в январе 2024 года была запущена интеллектуальная цифровая электроэнергетическая сеть в южном регионе Цзянсу [5]. В функции данной сети входит: предоставление информации о рабочем состоянии энергосистемы в режиме реального времени, обеспечение точного мониторинга состояния ветровой и фотоэлектрической генерации, нагрузочных элементов и систем хранения энергии, автоматическое определение местоположение неисправности, анализируя отклонения в данных о потреблении.

Этот пример перекликается с общегосударственной инициативой Китая «Made in China 2025», направленной на комплексное развитие «умного» промышленного производства. В рамках данной инициативы акцент делается на развитии промышленного интернета вещей, внедрению передовых технологий, таких как робототехника и искусственный интеллект.

Таким образом, сравнительный анализ опыта России и Китая демонстрирует, что не существует единого универсального пути к «умной» энергетике. Для успешной цифровизации ЭСК необходимо применять

комплексный подход с учетом национальных особенностей, приоритетов развития, структуры энергосистемы и долгосрочных целей. Обе страны, несмотря на различие подходов, стремятся использовать цифровые технологии для повышения эффективности, надежности и устойчивости своих энергосистем. Важно отметить, что страны идут к одной цели разными путями: Россия – через централизацию и фокус на надежности, а Китай – через децентрализацию и адаптацию к динамично развивающейся генерации, основанной на ВИЭ. Опыт России и Китая служит ценным примером для других стран, позволяя им выбирать наиболее подходящие стратегии и инструменты для цифровизации своих энергосистем и адаптации к вызовам будущего.

Источники

1. Дронина А.А., Зарипова Р.С. Современные проблемы и перспективы развития топливно–энергетического комплекса / Технологический суверенитет и цифровая трансформация: материалы международной научно–технической конференции. Казань, 2023. С. 138–140.
2. Шакиров А.А., Зарипова Р.С. Проблемы и перспективы внедрения информационных и управляющих систем для энергетических объектов / Сборник статей XX Всероссийской студенческой научно–практической конференции Нижневартковского государственного университета. 2018. С. 147–149.
3. Утверждена новая стратегия цифровой трансформации «РОССЕТЕЙ» // Энергетика и промышленность России [Электронный ресурс] URL: <https://www.eprussia.ru/news/base/2024/6636210.htm> (дата обращения: 15.10.2024).
4. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 09.06.2020 № 1523–р (ред. от 28.02.2024) «Об утверждении Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года» [Электронный ресурс]. URL: https://www.bigpowernews.ru/photos/0/0_ppYoGFojdA1gHGsyKemKRIHqvUxVtKp.pdf (дата обращения: 14.10.2024).
5. Китай запустил первую интеллектуальную цифровую электроэнергетическую сеть // E2 energy – Энергетика Евразии и мира [Электронный ресурс]. URL: <https://eenergy.media/> (дата обращения: 15.10.2024).

ОРГАНИЗАЦИЯ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ

Юсупова С.Р.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

sabisha_yusupova@mail.ru,

Науч. рук. доц. Будникова И.К.

Статья посвящена анализу растущей популярности дистанционного обучения в современных образовательных системах и роли цифровых технологий в данном контексте. В качестве ключевого инструмента рассматривается платформа Яндекс Телемост, которая предоставляет возможности для организации эффективного контактного учебного процесса в онлайн-формате. Особое внимание уделяется важности демонстрации практических инструментов и материалов во время обучения техническим дисциплинам.

Ключевые слова: дистанционное обучение, цифровые технологии, образовательный процесс, технические дисциплины.

Дистанционное обучение становится все более популярным в современных образовательных системах, и использование цифровых технологий обеспечивает новые возможности для педагогов и обучающихся. Педагогика при дистанционном обучении требует особенного подхода, который учитывает специфику онлайн-формата и возможности цифровых инструментов [1].

Рассмотрим один из инструментов, который широко используются в настоящее время. Яндекс Телемост предоставляет уникальные возможности для организации контактного обучения в онлайн-формате, что показано на рисунке 1. В рамках технических предметов появляется необходимость демонстрировать не только материал подготовленных презентаций, но и инструменты, которые непосредственно используются при практической реализации предмета [2]. Платформа позволяет проводить видеоконференции с высокой четкостью изображения и звука, что критически важно для объяснения сложных технических понятий и демонстрации кода в реальном времени. Демонстрация среды разработки представлена на рисунке 2.

В дистанционном обучении не менее важно поддерживать активное взаимодействие между преподавателем и студентами. Яндекс Телемост предлагает инструменты для обмена экранами, что позволяет преподавателю демонстрировать свои действия в среде программирования, например, в IDE (интегрированной среде разработки) или на платформах для решения задач по программированию [3]. Это не только делает обучение более наглядным, но и позволяет студентам задавать вопросы в реальном времени, что способствует лучшему усвоению материала.

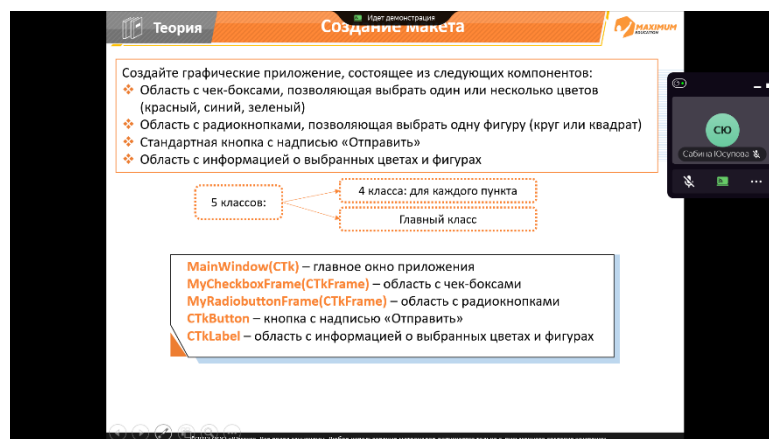


Рис. 1. Демонстрация презентации через Яндекс Телемост

Педагогика дистанционного обучения основывается на активном взаимодействии между обучающимися и преподавателем. В условиях онлайн-уроков необходимо применять тактику синхронного обучения, которая позволяет организовать живые обсуждения, вопросы и ответы, что способствует более глубокому пониманию материала и созданию эффекта присутствия в классе [4].

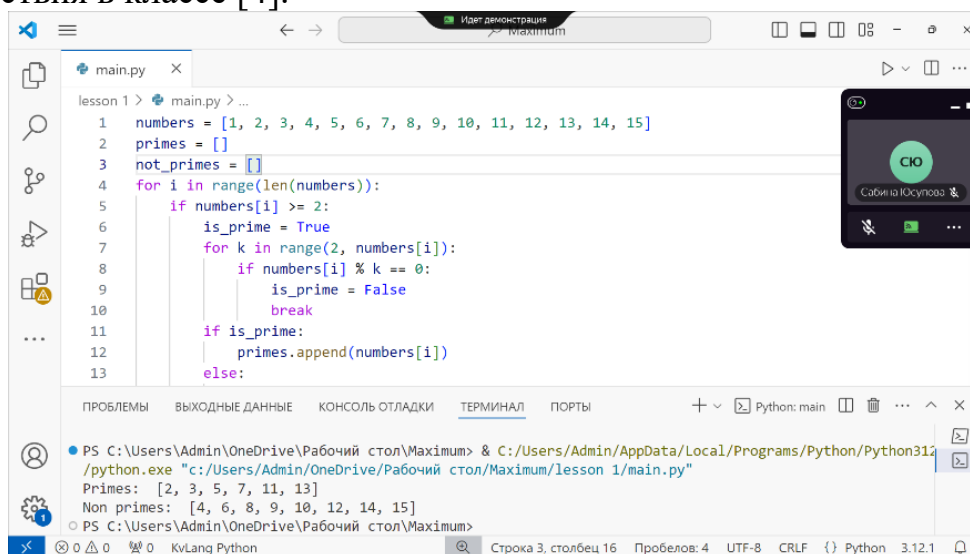


Рис. 2. Демонстрация среды разработки (IDE) через Яндекс Телемост

Эффективная организация учебного процесса требует использования различных педагогических стратегий. Преподаватели должны адаптировать свои методы, уделяя внимание интерактивности уроков и включению студентов в процесс [5].

Таким образом, применение цифровых технологий в преподавании технических предметов в условиях дистанционного обучения открывает широкие возможности для педагогов и студентов. Интерактивность, доступность и разнообразие подходов к обучению способствуют созданию эффективного образовательного процесса, который не только сохраняет, но и улучшает качество знаний учеников.

Источники

1. Будникова И.К. Новые цифровые инструменты для работы с электронными курсами в Moodle // Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно–энергетическом комплексе и жилищно–коммунальном хозяйстве. материалы IX Национальной научно–практической конференции, посвященной 55–летию КГЭУ. Казань, 2024. С. 461– 463.
2. Бурлакова Т. В. Особенности использования электронных образовательных ресурсов на занятиях по методике преподавания математики //Наука и образование в современном вузе: вектор развития. – 2023. – С. 29–31.
3. Мурадова П. Р., Джамбетов А. Э. Применение Яндекс телемоста в современном образовательном процессе. – 2022.
4. Будникова И.К., Хамидулин И.Р. Цифровые технологии как инструмент мониторинга профессиональных компетенций.// Технологический суверенитет и цифровая трансформация: материалы Международной научно–технической конференции. Казань, 2023. С. 221–225.
5. Азжеурова М. В. Дистанционное образование в системе высшего образования: этапы развития, технологии, трудности и результаты//Наука и образование. – 2023. – Т. 6. – №. 1. – С. 108.

СОДЕРЖАНИЕ

НАПРАВЛЕНИЕ 1: ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ. ГЕНЕРАЦИЯ, ПЕРЕДАЧА И ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Азовцев Д.К., Валиуллина Д.М. Электрические сети зданий.....	5
Амхаев Т.Ш., Дебиев М.В., Асхабов У.Р., Узиева Х.В., Зармаев М.В. Повышение эффективности функционирования электроэнергетики Чеченской Республики внедрением объектов ВИЭ.....	8
Астафьев В.С., Наумов О.В. Пожарная безопасность в электроустановках.....	13
Бакулин К.Г. Анализ возможности применения трамвайной электросети для расширения инфраструктуры зарядных станций...	16
Балаев П.А., Петракова Т.В., Хисамов Р.Р. История и перспективы применения систем накопления электроэнергии в России.....	20
Борисов Д.А., Маврин А.А. Прогнозирование потерь электроэнергии в сетях 110–220 кВ.....	23
Будрина Е.А., Воркунов О.В. Применение устройств продольной компенсации на воздушных линиях электропередачи.....	26
Вахитов И.И., Маклецов А.М. Разработка алгоритма и программы по определению параметров режима четырехпроводной сети 0,4 кВ..	29
Вахитова М.И., Воркунов О. В. Изучение методов регулирования напряжения в электрической системе.	32
Ведерников А.С., Шевченко А.А. Учет электромагнитного взаимодействия проводников при расчете токов установившегося аварийного режима двухцепной ВЛ 110 кВ.	35
Габитов Б.Ф. Анализ устойчивости режимов электрических сетей.	38
Гизатулина И.И. Разложение сигналов переходного процесса на гармонические составляющие.....	42
Гиниатуллин Б.И., Галиев Р.И., Гарифуллин М.Ш. Особенности выбора схем выдачи мощности газо–поршневых мини–ТЭС.....	45
Голдесов Д.Н. Разработка алгоритма определения минимально и аварийно допустимого напряжения в контрольном пункте.....	49
Губайдуллин Г.Р., Шайхетдинов Р.Г. Реконструкция электрической сети 10/0,4 кВ.....	53

Губарев Н.А., Галиев И.Ф. Комплекс мониторинга высоковольтных вводов силовых трансформаторов напряжением 110 кВ.....	57
Дарьина П.И., Наумов О.В. Воздушные линии электропередачи...	62
Дебиев М.В., Амхаев Т.Ш., Кагиров Х.Л., Зармаев М.В. Современная энергосистема на основе интеллектуальных сетей.....	66
Димитриев А.А., Михеев Г.М., Каландаров Х.У. Сравнение методов искусственного интеллекта применительно к диагностированию технического состояния силовых трансформаторов.....	71
Долматов Е.Н., Мухаметжанов Р.Н. Основные элементы обеспечения безопасной работы цифровых подстанций.....	77
Дюндина В.П. Динамические модели тяговых электродвигателей электромобилей.	81
Зайцев С.А., Иванов Л.Е., Складчиков А.А. Регулирование напряжения в контрольных пунктах 500 кВ с применением управляемых шунтирующих реакторов.	84
Зиангиров А.Ф. Использование программного комплекса Matlab Simulink для анализа режимов работы сети 0,4 кВ.....	87
Зюзько В.В., Николаев А.Н., Добросотских А.С. Статистический анализ факторов, влияющих на электропотребление системой собственных нужд ГЭС.....	90
Казаев А.Е., Гиззатова И.Д. Измерительные трансформаторы.....	93
Калентьева Н.Е., Мухаметжанов Р.Н. Автоматические регуляторы скорости вращения гидротурбин как инструмент первичного регулирования частоты на гидроэлектростанциях и их выбор в зависимости от типа гидротурбин.....	96
Канашов Д. В., Наумов О. В. Проблема падения и потери напряжения в электрических сетях.....	100
Куликова Д., Галиев И.Ф., Гарифуллин М.Ш. Исследование показателей эффективности газо–поршневых мини ТЭС посредством моделирования процесса их эксплуатации.....	102
Ласточкина А.М. Создание математической модели для целей прогнозирования собственных нужд ГЭС.....	106
Логунов А.В., Шлык Ю.К. Определение фактических параметров кабельной линии, как основы алгоритма обнаружения места ее повреждения.....	109
Маликова Л.В. Коммутационная аппаратура на подстанции.....	112

Мирзоев Д.Н. Компенсации реактивной мощности в сельской низковольтной сети для снижения потерь электроэнергии.....	116
Мысова Е.Е. Проблема потерь и падения напряжения в электрических сетях.....	121
Насырова Э.Н. Использование солнечных панелей для электроснабжения собственных нужд подстанции.....	125
Наумов О.В., Ахмадиев Р.Р. Проектирование электрических сетей.....	128
Наумова С.И., Гиззатова И.Д. Элегазовые высоковольтные выключатели: виды, принцип действия, преимущества и недостатки.	132
Нуриев Т.Р., Гиззатова И. Д. Инновационные методы повышения эффективности трансформаторов в электроэнергетической системе.	135
Пашков Е.С., Воркунов О.В. Методы диагностики состояния изоляции кабельных линий для увеличения срока их эксплуатации	138
Петров А.В., Гиззатова И.Д. Мероприятия по повышению надежности и безаварийности функционирования на линиях 110 кВ в Республике Татарстан.....	142
Петров В.А. Причины обрыва сталеалюминиевых проводов воздушных линий и эффективность методов диагностики.....	145
Печенкин Я.О., Гиззатова И.Д. Контроль параметров энергосистемы с помощью оптико – электронных трансформаторов тока.....	148
Печенкин Я.О. Использование предиктивной аналитики в электроэнергетических системах.....	151
Печенкин Я.О. Энергоэффективность в электроэнергетических использованием современных технологий.....	154
Рахимов О.С., Тошходжаева М.И., Джураев М.М. Источники малой генерации: технико–экономические аспекты.....	157
Рахимов О.С., Тошходжаева М.И., Джураев М.М. Моделирование устойчивости системы электроснабжения с распределенной генерацией	163
Рогульский М.И., Гиззатова И.Д. Особенности проектирования и эксплуатации объектов электроэнергетики.....	169
Рогульский М. И., Наумов О. В. Причины повреждения линии электропередачи и методы их предотвращения (предупреждения).	172
Рохлов В.А. Алгоритм определения режимных параметров распределительной электрической сети с использованием матриц чувствительности.....	175

Сагдиев Р.Р. Методы дистанционного контроля состояния воздушных линий.....	178
Сагдиев Р.Р., Воркунов О.В. Применение вольтодобавочных трансформаторов в электрических сетях.....	181
Салихов Р.Р., Воркунов О.В., Гарифуллин М.Ш., Рахманкулов Ш.Ф. Моделирование шинопроводов различных сечений и материалов.....	184
Саляхутдинова А.Н., Валиуллина Д.М. Теоретические основы повышения надежности распределительных сетей.....	187
Семенищев А.В. Диагностика состояния ограничителей перенапряжения	190
Снисаренко А.А. Перспективы сверхпроводящих кабелей.....	193
Снисаренко А.А., Валиуллина Д.М. Методы кластеризации потребителей энергии для прогнозирования спроса и пиковых нагрузок в энергосистеме.....	197
Тоштемиров Ш. М. Защита птиц от поражения электрическим током как фактор обеспечения надежности воздушных линий напряжением 110–220 кВ (на примере Согдийских электрических сетей).....	200
Тунтяров А.М., Хабибуллин М.Н., Феоктистов И.Н., Мухтаров И.И. Локализация коммерческих потерь электроэнергии на основе системы интеллектуального учёта.....	204
Хазиев И.А., Куракина О.Е. Обзор современных методов автоматического повторного включения.....	207
Ходжиев А.А. К вопросу несимметрии в горных воздушных линиях сверхвысокого напряжения.....	210
Шагидуллин А.В., Хамитов И.Г., Гибадуллин Р.Р., Максимов К.В. Формирование критериев целесообразности применения временных схем электроснабжения распределительных сетей.....	215
Шакиров А.Ф. Интеллектуальное симметрирование электрических сетей 0,4 кВ.....	218
Шемпелев Е.А., Наумов О.В. Основные технико–экономические расчеты и показатели электрических сетей.....	221
Янушевская Я.С. Расчет ЭМС высоковольтных кабельных линий	224
Янушевская Я.С., Воркунов О.В. Методы определения мест возникновения короткого замыкания на воздушных линиях электропередачи до 35 кВ.....	227

Яхин Ш.Р., Галиев И.Ф. Анализ аварийности в распределительных сетях напряжением 10 кВ.....	230
Valiullin S.R. Comparative analysis of the power system of Europe and North America.....	234
Valiullin S.R. Comparative analysis of installation works in Germany and France.	238
Valiullin S.R. Comparison of foreign and Russian engineering companies design methods.	241
Galimzyanov T.I., Demidkina D.A. Transition to resistive neutral earthing in 6–35 kV distribution network.....	244
Goryachev K.I., Demkina D.A. Reactive power compensation methods.....	247
Ivanov T.D., Demidkina D.A. Complete switchgear 6–10 kV.....	250
Khaertdinova A.I. Optimization of operating voltages in power supply centers of distribution grids.....	253
Saveleva D.A., Demidkina D.A. Advances in diagnostic methods for power transmission cable lines: a comparative analysis.....	256
Saveleva D.A., Demidkina D.A. Evaluation of residual life of circuit breakers in electric power systems: a technological perspective.....	259
Tukhfatullin I.R., Khuzyashev R.G., Demidkina D.A. Modeling of transient signals in inhomogeneous lines.....	262

НАПРАВЛЕНИЕ 2: РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИЗАЦИЯ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИ СИСТЕМАХ

Аккузин В.В. Методы анализа растворенных газов в трансформаторном масле для мониторинга состояния силового трансформатора.....	265
Бахмисов Д.Е. Исследование функционирования АПВ воздушных линий 220 кВ при наличии в электрической сети высших гармоник..	268
Бикбова З.М. Методы локализации повреждений в кабельных линиях электропередачи.....	272
Валюк А.С. Оптимизация уставок в РЗА для печных трансформаторов: технологические особенности.....	275
Вафин С.С. Анализ классификации автоматизированных систем управления технологическим процессом.....	278
Воробьев Д.С., Гаврилов В.А. Обследование воздушных линий электропередачи с применением автоматизированных систем управления беспилотными летательными аппаратами.....	281

Газизов И. В. Микропроцессорная релейная защита трансформатора.....	283
Гайфиева Л. Ф. Исследование влияния ВИЭ на особенности функционирования основных защит ЛЭП.....	288
Генатулин Р. Р. Современное состояние систем автоматики компрессорных установок в энергосистемах и пути их развития....	291
Гранская А.А., Касимов В.А. Исследование влияния состояния ЛЭП на сигналы локационного зондирования.....	295
Долгов В. А., Наумов О. В. Релейная защита трансформатора.....	299
Елфутин М.Д. Ключевые аспекты применения низкоомного заземления нейтрали в распределительных сетях 6–10 кВ.....	302
Ефимов Е.О. Использование нейронных сетей для обнаружения и диагностики отказов в релейной защите высоковольтных линий.....	305
Жалмаганбетова С.Т., Миранов С.Р. Перспектива смены режима работы нейтрали в сетях до 35 кВ с изолированного на резистивно–заземленный.....	309
Захаров В.О., Иванов Д.А. Разработка стенда цифровой релейной защиты в программном комплексе Simintech.....	312
Зиннатов А.И. Ключевые аспекты применения тиристорных систем самовозбуждения в электроэнергетике.....	315
Карипов Р.М., Цветков А.Н., Гаврилов В.А. Фильтрокомпенсирующие устройства и принцип их действия.....	318
Китанин Д.С. Защита с абсолютной селективностью на участках САВС сельских распределительных сетей.....	322
Кудрявцев Т.А., Кудрявцев А.А., Бабырь К.В. Эмпирический метод проверки систем РЗА с имитацией аварийных режимов сети.....	325
Латыпов Т.И. Возможности использования искусственного интеллекта для диагностики и управления защитными реле.....	328
Леонтьев Д.Л. Локационный мониторинг и классификация повреждений воздушных ЛЭП.....	331
Мавляутдинов Л.Р. Особенности и задачи автоматизации релейной защиты в распределительных сетях 6–35 кв	334
Радивоевич А.В., Мустафин Р.Г. Классификация низкочастотных колебаний в энергосистеме и причины их возникновения.....	337

Рахматуллин С.С. Разработка модели гамма–согласующего устройства для генерации сигналов локационного зондирования воздушных ЛЭП.....	340
Сабирзянов Б.К., Касимов В.А. Локационный мониторинг воздушных линий электропередачи при проведении ремонтных работ.....	343
Сагиров В.Р. Анализ работы защиты дальнего резервирования на вл 110 кВ с отпаечными трансформаторами при подключении промежуточного источника питания.....	347
Салихова Г.Р., Шарипов И.И. Современные методы релейной защиты и автоматизации в электроэнергетических системах: анализ и перспективы.....	351
Сиразев М.Р. Сравнение времени до насыщения трансформаторов тока с вторичным номинальным током 1А и 5А.....	355
Хамидуллин С.А. Перспективные направления применения технологий машинного обучения в системах релейной защиты.....	359
Щербенев Н. А. Технология цифровых двойников для виртуального тестирования и отладки систем релейной защиты.....	363
Якупов А.Ф. Локационная диагностика воздушных ЛЭП с использованием подвесных датчиков.....	366
Ялалова А.К. Особенности водопенного пожаротушения автотрансформаторов.....	369

НАПРАВЛЕНИЕ 3: ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ И ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ

Акмалов Ф.И., Хуснутдинов А.Н., Фархутдинов И.Р. Анализ влияния эксцентриситета воздушного зазора на синхронных электродвигателях в электромобилях.....	372
Али Н.К., Петров Т.И. Топологическая оптимизация в солнечной энергетике	376
Ахмедгалиев Н.Р., Наумов О.В. Пожарная опасность электроустановок.....	379
Бакирова Р.Р., Денисова А.Р. Обзор существующих решений в сфере автоматизации освещения.....	381
Балобанов Р.Н., Атласов Д.П. Применение систем мониторинга на основе интернета вещей на малых ГЭС	384

Балобанов Р.Н., Ахмед Мохамед М.М. Диагностика генераторов малых ГЭС.....	388
Балобанов Р.Н., Зацаринная Ю.Н., Атласов Д.П. Применение цифровых двойников для малых ГЭС.....	392
Бикбова З.М., Басенко В.Р. Современные методы диагностики опорно–стержневых изоляторов.....	397
Будрина Е.А. Способы повышения качества электроэнергии на промышленных предприятиях.....	400
Бурганов Д.О., Петров Т.И. Проектирование конструкции синхронных генераторов на основе многокритериальной оптимизации и применения аддитивных технологий.....	404
Булатова В.М., Дударева С. И. Основные требования при разработке схем электрических соединений и выдачи мощности малых ГЭС.....	407
Вагапов А.И., Иванов Д.А. Разработка и применение нейронных сетей для анализа данных электромагнитного контроля высоковольтных изоляторов.....	410
Вазетдинов Б.И., Мифтахова Н.К. Контроль и диагностика частичных разрядов трансформаторов.....	413
Валиуллин С.Р., Владимиров О.В. Порядок расчета остаточного ресурса сухого трансформатора.....	416
Виногорова Я.А., Наумов О.В. Пожарная безопасность электроустановок.....	420
Вовк А.Д., Мифтахова Н.К. Энергоэффективность штамповочного цеха: новейшие технологии и их применение.....	423
Вохидов А.Д. Исследование пусковых переходных процессов электрооборудования ирригационных сооружений.....	425
Гаджибалаев Н.М., Джаббарова С.М., Джавадова А.И., Исследование влияния несимметричных нагрузок на режимы работы в системах электроснабжения.....	429
Ганиев А.Р., Мифтахова Н.К. Проектирование системы электроснабжения механического цеха завода тяжелого машиностроения.....	434
Гаффанова А.Р., Гаврилов В.А. Работа датчиков движения и присутствия в системе автоматического управления освещением на предприятии.....	436
Захаров Д.В., Наумов О.В. Определение сечений проводников при проектировании электроснабжения.....	439

Зацаринная Ю.Н., Балобанов Р.Н, Кулинич О.В. Малые ГЭС – новые точки роста энергетики Республики Татарстан.....	442
Зацаринная Ю.Н., Широбоков Е.А. Необходимость внедрения системы мониторинга запасов устойчивости при управлении электроэнергетическими режимами.....	445
Зиннатуллин Д.И. Интеллектуальная система управления освещением на предприятии.....	448
Зотина А.А. Автоматизированная система управления наружным освещением.....	450
Исаева Е.А. Ресурсосберегающие технологии в энергетике Германии.....	453
Кадырмятов Ю.Р. Энергетическая стратегия развития Швейцарии.....	456
Каримов И.Р. Опыт использования программы MATLAB для моделирования электропривода переменного тока.....	459
Колыхалов М.Е., Гаврилов В.А. Влияние автоматизации на устойчивость и безопасность систем электроснабжения объектов капитального строительства.....	465
Кудряшов М.В., Шакурова З.М. Анализ алгоритмов управления интеллектуальными электроэнергетическими системами с использованием искусственного интеллекта.....	468
Мамедзаде Р.К., Джамалханова И.С. Влияние электрохимической коррозии на металлическую часть деталей инженерных конструкций электрооборудования.....	471
Медведев К.Р., Минкин А.С. Современные тренды в релейной защите электроснабжения промышленных предприятий.....	475
Мингазов З.Т., Владимиров О.В. Разработка сетевого графика на основании алгоритма капитального ремонта трансформатора ТМ 10/0.4 кВ без замены обмоток.....	478
Минуллин Д.Э., Валиуллина Д.М. Альтернативные системы охлаждения трансформаторного масла.....	481
Миронова Е.А, Иксанов Ф.Ф. Техническое обслуживание гидрогенераторов малых ГЭС.....	485
Пахомов С.А., Мифтахова Н. К. Создание модели кабельных конструкций в REVIT 2025.....	488
Петров А.Р., Грачева Е.И. Методика оценки потерь электроэнергии в магистральных сетях электроснабжения.....	491
Петрова А.Р. Активно–адаптивная система управления автономным источником питания на основе мультиагентных систем.....	495

Петрова Р.М., Грачева Е.И. Алгоритм расчета надежности систем электроснабжения с помощью коэффициентов присоединений.....	498
Печенкин Я.О., Сабитов А.Х. Преимущества Megger Idax 300 при испытаниях изоляции на подстанциях.....	502
Поздняков К.А., Абдуллин Л.И., Мифтахова Н. К. Ключевые аспекты современных промышленных источников питания.....	505
Садриев Р.Р., Шакурова З.М. Применение системы автоматизированного контроля потребления электроэнергии.....	508
Сафонов А.Ш., Шакурова З.М. Перспективность применения систем беспроводной зарядки в городских условиях.....	511
Сурикова О.П., Петров Т.И. Сравнение типов ветрогенераторов использующихся в ветроустановках.....	514
Хабибуллин И.Ф., Шакурова З.М. Энергоэффективность в жилых и коммерческих зданиях: стратегии снижения потребления электроэнергии.....	517
Халиуллина Г.И., Валиуллина Д.М. Интеграция современных технологий в системы пожарной безопасности электроустановок.....	520
Хисамутдинов А.В., Наумов О.В. Пожарная безопасность электроустановок: типы и риски.....	523
Хорьяков А.И., Гаврилов В.А. Электроснабжение предприятий с применением традиционных и альтернативных источников энергии.....	526
Шагабиев Р.Р. Энергоэффективность шлифовального цеха: передовые технологии и их внедрение.....	529
Шайдуллин Ф.Р. Расчет стоимости использования нейросетевых мощностей для оптимизации электродвигателей.....	532
Шайхутдинов К.А. Микросети для локального электроснабжения предприятий.....	535
Шафигуллина А.Г., Шакурова З.М. Эффективные способы энергосбережения в системах электроснабжения.....	538
Шеломенцев В.А., Хамитов Р.Н. Оценка состояния силовых трансформаторов по данным хроматографического анализа с применением гибридных моделей машинного обучения.....	541
Iakovleva E.V., Demidkina D.A. Design and optimization of permanent magnet synchronous motors for electric drive systems.....	545
Iakovleva E.V., Demidkina D.A. Design and optimization of Micro Grids for sustainable energy production.....	548

НАПРАВЛЕНИЕ 4: ТРАНСФОРМАЦИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ: ЭКОНОМИКА, ПОЛИТИКА, КОММУНИКАЦИИ

Аветисян А.С. Анализ рынка электромобилей: рекомендации по развитию электрокаров на российском рынке.....	551
Аглямев М.Р., Гиззатова И.Д. Цифровая трансформация в энергетике.....	554
Акбердин Н.Г. Социальное проектирование как ресурс развития студентов.....	557
Аксенова Д.В. Управление процессом научно–технической деятельности преподавателя университета.....	560
Арзамасов Д.Е., Арзамасова А.Г., Юсупова И.В., Селезнев Д.К. Анализ эффективности продаж электромобилей в России в 2022-2024 гг.....	563
Арзамасов Д.Е., Юсупова И.В., Селезнев Д.К. Политика развития рынка электромобилей в России.....	566
Ахметьянова Д. И., Филина О.В. Экономические модели и механизмы стимулирования энергоэффективности.....	569
Башкирова А. П. Влияние искусственного интеллекта на экономику и трансформации в энергетике.....	572
Вафина В.В., Будникова И.К. Интерактивная платформа для обучения по дисциплине «База данных» на примере Microsoft Teams	575
Гаджиева З.Е. Логистическое развитие современных предприятий...	578
Галятдинов Р.Р. Разработка графического интерфейса системы предупреждения аварийных режимов энергоблока, работающего в энергосистеме.....	586
Гумерова Г.Д., Хайруллина А.А. Финансирование проектов энергетики: роль банков и инвестиционные механизмы.....	589
Жуков В.В., Дюдина О.В. Развитие человеческого капитала как фактор обеспечения достойного уровня жизни.....	592
Зайдуллина Э.Р. Искусственный интеллект в бизнесе: основные направления и риски.....	595
Зарипова К.И. Применение нейронных сетей для обнаружения атак в информационной среде на электроэнергетические системы и сети	598
Ижболдин Р.А. Управление электроэнергетикой в условиях цифровизации экономики.....	601

Иксанова Р.Р., Дедулин А.В. Комплексные методы обучения и развития мотивационного интереса обучающихся в электроэнергетике.....	604
Каргина М.О., Баранова А.М., Бражникова А.В. Текущие экономические тенденции и прогнозирование показателей электробаланса на примере России.....	607
Каюмова Д.А., Николаев К.В. Разработка заданий для обучения школьников описанию алгоритмов с помощью блок–схем.....	610
Крапивин Ф. А. Особенности методов управления производственными рисками в энергетической отрасли.....	613
Кудрявцев Д.С. Автоматизированная система сканирования багажа на основе искусственного интеллекта.....	616
Кусяпкулова М.Н., Майорова А.А. Развитие конкуренции на рынке электроэнергетики.....	619
Лазнам З.У.А.С. Стратегия сотрудничества энергокомпаний в рамках стран БРИКС.....	622
Латфуллина Г.Э. Приоритетные направления в оценке инвестиционных проектов в энергетике.....	625
Михеев А.С. Виртуальная реальность в технологиях дистанционного обучения.....	628
Муглетдинов Р.Р., Сабитов А.Х. Интеллектуальные датчики мониторинга частичных разрядов в высоковольтном оборудовании...	631
Мухаматдинова Л. А. Риски кредитования предприятий электроэнергетики.....	633
Мухаметзянов И.И. Применение нейросетевого моделирования в условиях цифровой экономики.....	637
Оленин М.М. Кибернетическое сознание как социальный феномен XXI века.....	640
Османов Г.М. Обеспечение безопасности средств голосового управления умным домом.....	644
Попов А.Е., Ахметова И.Г., Нурисламова А.Р., Майнакский Э.М. Электропотребление и проблемы расчетов электроемкости муниципальных образований.....	647
Рафикова Д.М. Экономические механизмы перехода к устойчивой энергетике.....	652
Рахмонов Ф.Ю., Миранов С.Р. Проектирование и изготовление учебного стенда по автоматизации.....	655
Рашидова З.Д. Эффективное управление производственным браком: бережливое производство и Big Data.....	658

Салохина А.Н. Влияние цифровизации складского хозяйства на качество деятельности промышленного предприятия.....	661
Сарбаева Я.И. Система резервов повышения эффективности использования основных средств.....	663
Сафиуллина А.И. Применение положительного опыта ОАЭ в стратегии энергетической трансформации.....	667
Силкина О.Ю. Разработка нейросетевой модели для диспетчеризации авиаперевозок.....	670
Смирнова Е.П., Исаева Е.А. Энергетика Германии: состояние энергетического комплекса в современных условиях.....	673
Соловьева А.А. Цифровизация в энергетике: как технологии Smart Grid влияют на экономику энергетического сектора.....	676
Федосеева Е.В. Наставник–студент для школьника, как способ повышения престижа энергетической отрасли.....	679
Хабибрахманова А.А., Мухаметова Л.Р. Эффективность и перспективы электроэнергетики в условиях организационно–экономической трансформации.....	682
Хайдаршина А.И. Инновационно–технологические аспекты в управлении электроэнергетикой.....	685
Хан М.М., Гаврилов В.А. Инновационные подходы в образовании для подготовки специалистов в условиях цифровизации и автоматизации энергетического сектора.....	688
Хуртина А.А., Хусаинова Р.Р. Роль государственных инициатив в становлении электроэнергетического сектора России.....	691
Шагимарданова Г.Ф. Экономический анализ внедрения искусственного интеллекта в управление энергетическими ресурсами.....	693
Юсупова Р.И., Зарипова Р.С. Анализ влияния интеллектуальных энергосистем на экономику предприятия.....	697
Юсупова Р.И. Сравнительный анализ стратегий цифровизации электросетевого комплекса России и Китая.....	700
Юсупова С.Р. Организация педагогического процесса с использованием цифровых технологий при дистанционном обучении.....	703

Научное издание

ХІХ МЕЖДУНАРОДНАЯ МОЛОДЕЖНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ В
ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ»

26-28 ноября 2024 г.

Материалы конференции

Публикуются в авторской редакции
Электронное издание

Подписано в печать
Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 41,79.
Уч.-изд. л. 31,7. Заказ № 572 / эл.
Центр публикационной активности
КГЭУ 420066, г. Казань, ул.
Красносельская, д. 51

ISBN 978-5-89873-686-6

