

СЕКЦИЯ 14

«НАУЧНО- МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГЕТИКИ»

СОДЕРЖАНИЕ

ПРИМЕНЕНИЕ СТАТКОМ В ВЕТРОДИЗЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ Абдрашитов М.М.	2875
СТАНДАРТЫ SDIO — НОВЫЙ ФОРМАТ ОБУЧЕНИЯ Андросов В.И., Полякова Л.Ю., канд. техн. наук, доцент	2879
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ НА ПРЕДПРИЯТИИ. СИСТЕМА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА Белянцева Н.В., Полушатов А.М.	2883
ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ Богданов А.В., канд. техн. наук, Бондарев А.В., канд. техн. наук, Федоров С.В., канд. техн. наук	2896
ОБ ОЦЕНКЕ КУРСОВЫХ РАБОТ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКИМ ОСНОВАМ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ Быковская Л.В., канд. техн. наук, доцент, Ушакова Н.Ю., канд. техн. наук, доцент	2901
СРАВНЕНИЕ РАБОТЫ ЗАЩИТЫ С АЛГОРИТМОМ КОРРЕКТИРОВКИ УСТАВКИ СРАБАТЫВАНИЯ ОТ ОДНОФАЗНЫХ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ В СЕТЯХ 0,4 КВ С КЛАССИЧЕСКИМИ АЛГОРИТМАМИ ЗАЩИТЫ Валиуллин К.Р., канд.техн. наук, доцент, Тушев. С.И.	2905
МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОСЕТИ НА БАЗЕ ПЛАТФОРМЫ MAIHNUV ДЛЯ АКТИВНОЙ ПОДДЕРЖКИ ОПЕРАТОРОВ РЕМОНТНОГО ПЕРСОНАЛА ПОДСТАНЦИЙ Величко В.А., Веремеев А.А.	2911
ОБУЧЕНИЕ МОДЕЛИДЛЯ РАСПОЗНОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОСЕТИ НА ПЛАТФОРМЕ MAIHNUV ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ БЪЕКТОВ Величко В.А., Митрофанов Н.С., Веремеев А.А.	2917
ПОДКЛЮЧЕНИЕ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ К ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЮ ЧАСТОТЫ Волик В.Н., Чижов О.С., Безгин А.С., канд. техн. наук, доцент	2923
РАЗРАБОТКА БЛОКА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЗАЩИТ Греков Э.Л. канд. техн. наук, доцент, Могучев М.В. канд. техн. наук, директор по научной работе	2928
РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ» Гусаров А.А. канд. техн. наук, доцент, Греков Э.Л. канд. техн. наук, доцент	2933
АНАЛИЗ АВАРИЙНОСТИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ Донских А.В., Горшенина Е.Л., канд. тех. наук, доцент, Савченкова Е.Э.	2937

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ РАЗВИТИЯ КАФЕДРЫ ВУЗА В НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ Ерунов В.П., канд. техн. наук, доцент	2946
К ВОПРОСУ ПЛАНИРОВАНИЯ И НОРМИРОВАНИЯ ТРУДА ПРЕПОДАВАТЕЛЯ ВУЗА Ерунов В.П., канд.техн. наук, доцент	2951
УМНАЯ ТЕПЛИЦА Безгин А.С., канд.техн. наук, доцент, Зеленцов Н.Ю. .	2960
ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГЕТИКИ СО СТОРОНЫ БУДУЩЕГО ЭНЕРГЕТИКА Клещарева Г. А., канд.техн.наук, доцент, Нагаец Д.П. Клещарева А.В., Клещарев И.В.	2965
АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ Крынов В.М., Валиуллин К.Р., канд. техн. наук, доцент.....	2968
АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ С ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ Крынова Е.К., Валиуллин К.Р., канд. техн.наук, доцент	2974
СПОСОБЫ АВТОМАТИЗАЦИИ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ Маслов Е.П., Валиуллин К.Р., доцент, канд. тех. наук	2983
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВЕТРО-СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ МитрофановС.В., канд. техн. наук, доцент, Бледных А.А.....	2987
ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОКЛАДКИ ТРАСС ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ Нелюбов В.М., канд.техн.наук, доцент	2993
ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ФИЛЬТРО-КОМПЕНСИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ Нелюбов В.М., канд. техн. наук, доцент, Коробов В.О.....	2996
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ Нуралиев С.А., Валиуллин К.Р., доцент	3001
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ СОКРАЩЕНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ ПосягинаТ.А., канд.пед.наук; ФедоровС.В., канд.техн.наук.....	3007
ПОДХОД К ПОНИМАНИЮ ПРИРОДЫ МАГНИННОГО ПОЛЯ Саликов М.П. канд.техн.наук, доцент, Ямансарин И.И. канд.техн.наук	3010
КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПО ЗНАЧЕНИЮ КОЭФФИЦИЕНТА РОСТА НАГРУЗКИ Семенова Н.Г. д-р пед. наук, профессор, Игнатъев Н.А.	3014

ПЕРЕСТРАИВАЕМЫЙ РС-ГЕНЕРАТОР НА ОСНОВЕ ГИРАТОРА Сильвашко С. А., канд. техн. наук, доцент Худорожков О. В., канд. техн. наук, доцент	3018
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОМПЛЕКСОВ МАЛОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ Соколов В.Ю., канд.техн.наук, доцент, Кастуганов М.Н.	3022
РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАБОТЫ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В КОМПЛЕКТЕ С МИНИ-ТЭЦ Соколов В.Ю.канд. техн.наук, доцент, Моисеев Д.В.....	3028
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ НАДЕЖНОСТИ АВТОНОМНОГО ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА Соколов В.Ю. канд. техн. наук, доцент, Соколова Т.Ю., канд. экон. наук, доцент, Малько А.А.....	3037
ОСВОЕНИЕ ОБУЧАЮЩИМИСЯ ТЕОРИИ И НАВЫКОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ НА ПРИМЕРЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО РЕЛЕ Сурков Д.В., канд. техн. наук	3044
О ПРАКТИКЕ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПЛАТНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ПРОГРАММЫ SMATHSTUDIO В КУРСОВЫХ РАБОТАХ ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ Ушакова Н.Ю., канд.техн.наук, доцент	3048
МЕТОДИКА РАССТАНОВКИ РЕКЛОУЗЕРОВ В ЦЕЛЯХ ПОВЫШЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЁЖНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ Чекунов М.А.	3052
АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ Чернова А.Д., канд. техн. наук, Скрябин А.И.,.....	3055
ПРИМЕНЕНИЕ МОДУЛЬНО-ШТЫРЕВОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ В МИКРОСИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ Шлейников В.Б., канд. техн. наук, доцент, Иванов А.В.	3063
МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ДЛЯ ЦЕХА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ Шлейников В.Б, канд. техн. наук, Лимаренко М.А.	3066
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТИПОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫХ ПЕРЕДВИЖНЫХ УСТАНОВОК Шуляев А.С., Греков Э.Л.,канд. техн. наук, доцент.....	3073
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА САМОЗАПУСКА СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ В MATLAB (SIMULINK) Щетинин А.Ю., Пилипенко В.Т., канд.техн. наук, доцент.....	3078

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С СИНХРОННЫМИ МАШИНАМИ Щетинин А.Ю., Пилипенко В.Т., канд.техн. наук, доцент.....	3083
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОСЦИЛОГРОФА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ МЕЖВИКОВЫХ ЗАМЫКАНИЙ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ Ямансарин И.И., канд. техн. наук, Саликов М.П., канд. техн. наук, доцент	3088
АНАЛИЗ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ПО ВОПРОСАМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ Ярулина Н.Р., Валиуллин К.Р., канд. техн. наук	3092

ПРИМЕНЕНИЕ СТАТКОМ В ВЕТРОДИЗЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ

Абдрашитов М.М.

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

Развитие энергетики является одним из важных факторов развития экономики государства в целом. Современная стратегия и государственные программы развития энергетики особо выделяют такие задачи, как повышение энергоэффективности, энергосбережения, обеспечения доступности и надежности электроснабжения в отдаленных и изолированных районах. Один из способов достижения данных задач – значительное увеличение доли возобновляемых источников энергии в общем энергобалансе страны и их использование с большой степенью замещения в отдаленных и изолированных энергосистемах.

К зонам изолированного энергоснабжения относят территории Крайнего Севера и приравненные к ним. Ввиду большой стоимости топлива, значительной стоимости его доставки, ограниченной транспортной доступности, сезонной навигации происходит значительное удорожание электроэнергии в данных регионах.

Анализ эффективности использования ВИЭ показал, что в автономных системах энергоснабжения целесообразно использовать ветродизельные электростанции (ВДЭС) в прибрежных зонах, а также на территориях, обладающих высоким ветроэнергетическим потенциалом. ВДЭС позволит сократить использование дизельного топлива на 10-53% (в зависимости от схемы замещения дизельного топлива ВДЭС) и увеличит срок эксплуатации ДЭС в 2-3 раза [1].

Вырабатываемая ветровыми турбинами электроэнергия имеет флуктационный характер и зависит не только от скорости ветра, но и от плотности воздуха и турбулентности потока. Кроме того, значительная часть современных промышленных ветровых турбин оснащаются асинхронными генераторами по причине простоты конструкции, небольших габаритов и массы при большей мощности, надежности, высокого КПД. При этом можно выделить такие недостатки асинхронных генераторов, как «мягкая» внешняя характеристика и потребление значительной реактивной мощности. Таким образом, использование ветровой энергии в изолированной энергосистеме сопряжено с необходимостью быстрого и эффективного управления для поддержания требуемых частоты и напряжения.

В научной литературе рассматриваются различные схемы ветродизельных комплексов, но наибольшее распространение получили модульные структуры, в которых традиционные дизель-генераторные установки дополняются ветровыми турбинами, а также устройствами компенсации реактивной мощности, устройствами накопления энергии и устройствами демпфирования нагрузки. Подобная структура особо актуальна для модернизации уже существующих

ДЭС, так как не требует значительного переустройства электростанции, ограничиваясь лишь подключением дополнительных компонентов. Данные компоненты, как правило, представляют собой узкоспециализированное оборудование, выполняющее только определенную задачу. Но ввиду высокой экономической эффективности ВДЭС в подобных системах целесообразно использовать и многофункциональные устройства. Примером может быть статический синхронный компенсатор с устройствами накопления энергии и демпфирования нагрузки, который и рассматривается далее.

Статический синхронный компенсатор, или СтатКом, является шунтирующим устройством. СтатКом не использует конденсаторные или реакторные группы для производства реактивной мощности, как это делает статический компенсатор реактивной мощности (SVC). В СтатКом конденсаторная группа используется для поддержания постоянного напряжения контура постоянного тока для работы преобразователя напряжения [2]. Управляемый инвертор напряжения (УИН) на базе IGBT-транзисторов в составе СтатКом позволяет в широких пределах регулировать выходной ток, изменять его значение, фазу и форму.

Особенности устройства СтатКом способствуют его применению не только для компенсации реактивной мощности, но и для симметрирования активной мощности, улучшения гармонического состава, подавления фликера, тем самым улучшая качество электроэнергии во всей изолированной энергосистеме. Наличие в составе УИН и контура постоянного тока позволяет провести дооснащение СтатКом устройствами накопления энергии и демпфирования нагрузки, подключаемых к контуру постоянного тока через преобразователи постоянного тока. Особо стоит отметить эффективность использования преобразователя постоянного тока для устройства демпфирования нагрузки. В качестве демпфирующей зачастую используются резистивная нагрузка, а именно группы ТЭНов. Использование широтно-импульсной модуляции позволяет осуществлять регулирование нагрузки в диапазоне 0-100% с малой дискретностью, в то время как при подключении ТЭНов на переменном токе дискретность регулирования определяется номиналом отдельных групп ТЭНов.

Ветро дизельный комплекс имеет, как правило, два основных режима: «только дизель» и «дизель-ветер». При большой степени замещения возможен и третий режим – «только ветер». Рассмотрим применение СтатКом с устройствами накопления энергии и демпфирующей нагрузки во всех трех режимах.

В режиме «только дизель» энергоснабжение осуществляется только от дизель-генератора при отсутствии ветра. В этом режиме СтатКом может применяться для компенсации реактивной мощности, при этом снижая удельное потребление топлива дизель-генератора путем генерации только активной мощности без необходимости генерации реактивной. Устройство накопления энергии позволяет в свою очередь не только использовать накопленную энергию для частичного замещения активной мощности, вырабатываемой дизель-генератором, но вместе с устройством демпфирования нагрузки осуществлять балансирование нагрузки в энергосистеме.

В режиме «дизель-ветер» электроснабжение осуществляется как от дизель-генератора, так и от ветровых турбин. Данный режим характеризуется недостаточной скоростью ветра, и соответственно генерацией ветровых турбин, недостаточной для текущей нагрузки. Кроме того, оптимальная нагрузка для дизель-генератора лежит в пределах 30-80% от номинальной мощности, меньшая нагрузка приводит к увеличению удельного потребления топлива и высокому износу оборудования. СтатКом, как эффективный компенсатор реактивной мощности, генерирует реактивную мощность, требуемую для ветровых турбин, также снижая удельное потребление топлива дизель-генератора. Устройства накопления энергии и демпфирования нагрузки в режиме «дизель-ветер» позволяют стабилизировать выходную мощность ветровых турбин путем накопления энергии или ее утилизации при выходной мощности ветровых турбин больше требуемой, или использования накопленной энергии для плавного повышения нагрузки дизель-генератора при провалах выходной мощности ветровых турбин.

В режиме «только ветер» электроснабжение осуществляется только от ветровых турбин. Этот режим характеризуется высокой скоростью ветра и генерацией ветровыми турбинами их номинальной мощности, и свойственен только комплексам с высокой степенью замещения: от 100% и более. В этом режиме СтатКом при отсутствии синхронного генератора дизель-генератора выступает уже в качестве основного регулятора напряжения путем балансирования реактивной мощности в сети. Устройства накопления энергии и демпфирования нагрузки при этом позволяют регулировать частоту сети путем балансирования активной мощности.

СтатКом с устройствами накопления энергии и демпфирования нагрузки выступает в качестве многофункционального комплексного устройства, на базе которого можно осуществить эффективное управление ветро-дизельного комплекса без глубокой модернизации или адаптации ветровых турбин и дизель-генераторов в составе ветродизельных комплексов. При этом данное устройство позволяет не только сгладить флуктуационный характер генерации ветровых турбин, но и обеспечить оптимальную работу как дизель-генераторов, так и всей локальной электросистемы с помощью быстродействующего балансирования нагрузки. Кроме того, использование устройства демпфирования нагрузки, позволяет эффективно использовать излишки мощности для теплогенерации, что особо актуально для отдаленных районов и районов Крайнего Севера.

Список литературы

1. Касина В. И. Проблемы энергоснабжения изолированных территорий России и их решение с помощью ВИЭ // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: материалы Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти профессора Данилова Н. И. (1945–2015) – Даниловских чтений (Екатеринбург, 11–15 декабря 2017 г.). — Екатеринбург: УрФУ, 2017. — С. 791-795.

2. Z. Yang ; C. Shen ; L. Zhang ; M.L. Crow ; S. Atcitty. Integration of a Stat-Com and battery energy storage // IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS, VOL. 16, NO. 2, MAY 2001. URL: https://www.researchgate.net/publication/3212701_Integration_of_a_StatCom_and_Battery_Energy_Storage (дата обращения: 14.05.2019)

СТАНДАРТЫ CDIO — НОВЫЙ ФОРМАТ ОБУЧЕНИЯ

Андросов В.И., Полякова Л.Ю., канд. техн. наук, доцент
Кумертауский филиал ФГБОУ ВО
«Оренбургский государственный университет»

Один из важных вопросов нашего общества на современном этапе это трудности, связанные с трудоустройством выпускников. Трудоустройство выпускников, окончивших высшее учебное заведение, является социально-экономическим процессом. Работодатели считают, что вузы дают только образование студентам, у которых отсутствует опыт практической деятельности и поэтому не спешат брать на работу выпускников.

Массачусетский технологический институт (MIT, США) предложил концепцию CDIO, основная цель которой, совмещение теоретического обучения с одновременным приобретением практических навыков [1]. Причем, немаловажно, что обучение будет не индивидуальным, как сейчас, а будет проходить в составе команды, все члены которой заряжены на достижение единой цели. При таком обучении, обучающиеся приобретут практический опыт проектирования конструкторско-технологической документации и проведения экспериментов в реальных современных учебных лабораториях. Этот новый формат обучения предлагается строить на основе модели 4П: «Планировать – Проектировать – Производить – Применять». Идеи CDIO с 2011 года были поддержаны ведущими учебными заведениями России: Томским политехническим университетом (2011) и Московским авиационным институтом (2012). Почти сразу к ним примкнули: Агентство стратегических инициатив [2] и Сколковский институт науки и технологий (2012) [3].

В первом из двенадцати стандартов CDIO описывается идея концепции. Стандарты 2, 3 и 4 определяют требования к учебным планам [5].

CDIO — это стандарт образования, в корне отличный от существующих. Он нацелен на подготовку специалистов нового поколения, получивших теоретические знания и практические навыки в результате практико-ориентированного обучения в слаженной команде. Обучение теории и практике планируется проводить на выполнении конкретных бизнес-проектов или создания реальных изделий или систем.

Модель 4П: «Планировать – Проектировать – Производить – Применять» основана и охватывает весь жизненный цикл изделия или системы.

На *стадии планирования (Conceiving)* выясняется спрос, формируются технологические требования к изделию или системе, выбирается технология изготовления и разрабатываются технические и бизнес-планы. Вторая стадия, *стадия проектирования (Designing)*, посвящена разработке конструкторской и технологической документации, на этой стадии проектируется технологическая оснастка, составляются технологические процессы. *На стадии производства*

(*Implementing*) решаются задачи и выполняется постановка изделия на производство, изготавливается опытный образец, проводятся приемо-сдаточные испытания изделия или системы. На последней **стадии применения** (*Operating*) произведенный продукт эксплуатируется для получения запланированного результата [5].

В рамках инициативы CDIO уже выпущено много нормативно-технической документации, разработано большое количество методических указаний и рекомендаций. Однако для их практического применения, в каждом конкретном случае, потребуется их адаптация и корректировка с учетом специфики конкретных образовательных программ и их использования для достижения обозначенных выше целей.

Подход CDIO позволяет проектировать и реализовывать программы бакалавриата как базового инженерного образования. На основе имеющихся и вновь разрабатываемых методических ресурсов должны быть сформированы инженерные образовательные рабочие программы обучения, включающие дисциплины, обучение по которым, предполагает овладение навыками, как проектирования изделий, процессов и систем, так и профессионального межличностного общения и развития личностных качеств будущих инженеров. Инженерная деятельность предполагает участие бакалавров в планировании (*Conceive*), проектировании (*Design*) технических объектов, систем или процессов. На практике, чаще всего, деятельность бакалавра сводится к применению (*Operate*) технических устройств и производству (*Implement*).

Реализация любых смелых и отличных идей **концепции** CDIO невозможна без преподавателей новой формации: специалистов теоретиков-практиков, способных эффективно применять международные стандарты инициативы CDIO для модернизации содержания и технологий инженерного образования [4]. В стандартах 7- 10 раскрыты требования к преподавателям, соответствующим методам преподавания и обучения, требования к повышению квалификации преподавателей [5].

Оценка результатов обучения по стандартам CDIO, также должна отличаться от существующих в настоящее время оценочных средств. Предлагаемые новые формы оценки результатов освоения и обучения изложены в стандартах 11 и 12 [5].

Рассмотрим соответствие ООП по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, по которой ведется образовательная деятельность в филиале, стандартам CDIO (таблица 1).

Таблица 1

Стандарт CDIO	Соответствие ООП направления 13.03.02 Электроэнергетика и электро- техника
C1 – CDIO как контекст инженерного образования [1, 5].	При реализации ООП используются принципы CDIO- планирования, проектирования
C2 – Результаты обучения CDIO[1, 5].	Учатся планированию, проектированию
C3 – Интегрированный учебный план[1, 5].	Содержатся дисциплины для получения базового инженерного образования
C4 – Введение в инженерную деятельность[1, 5].	Освоение ООП связано с осуществлением проекторной деятельности выпускника
C5 – Опыт ведения проектно-внедренческой деятельности[1, 5].	Используется проектно-внедренческая деятельность при выполнении курсовых работ и дипломного проектирования (проектирование системы электроснабжения предприятия)
C6 – Рабочее пространство для инженерной деятельности[1, 5].	Имеются лаборатории для развития практических, исследовательских навыков инженерной деятельности, определена потребность в рабочих пространствах
C7 – Интегрированное обучение[1, 5].	Интегрированное обучение заложено в учебный план, но рабочие программы не были оценены на соответствие
C8 – Активное обучение[1, 5].	Активные методы обучения включены в учебный план по требованиям стандарта и используются в должной мере
C9 – Совершенствование у преподавателей CDIO-навыков[1, 5].	Преподаватели совершенствуют инженерную практику постоянно повышая квалификацию
C10 – Совершенствование педагогических компетенций преподавателей[1, 5].	Преподаватели совершенствуют инженерную практику постоянно повышая квалификацию
C11 – Оценка обучения[1, 5].	Используемые методы оценки не всегда соответствуют результатам обучения
C12 – Оценка программы[1, 5].	Внешняя оценка качества образования запланирована на 2023 год

Для получения общеинженерных знаний, относящихся к сути решаемых производственных задач, студенты филиала активно принимают участие в решении кейсов в рамках проекта «Профстажировки 2.0» из сферы профессиональной деятельности.

Существующая материально-техническая база филиала по направлению 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника обладает необходимым уровнем для ведения образовательной, проектной, научно-исследовательской и производственной деятельности: лаборатория электроники и электроизмерений, лаборатория электроэнергетики и энергосбережения, лаборатория электропривода и релейной защиты, лаборатория электротехники и учета электроэнергии, лаборатория энергоаудита. Все эти лаборатории оснащены современным оборудованием, позволяющее соотносить суть поставленных задач с конкретными областями инженерного знания.

Договорные отношения с производственным отделением «Кумертауские электрические сети», входящие в структуру «Башкирские распределительные электрические сети» позволяют использовать имеющуюся материально-техническую базу предприятия, оснащенную современным техническим оборудованием, для практической подготовки студентов, развития интереса и усиления мотивации студентов к инженерной деятельности.

Партнерское сотрудничество филиала и ПО «КЭС» позволяет обеспечить высокое качество профессиональной подготовки специалистов, а преподавателям проходить стажировку на предприятии в целях совершенствования профессионального мастерства.

Возможно использование сетевой реализации образовательного процесса, которая позволит обеспечить освоения обучающимися образовательной программы с использованием ресурсов нескольких предприятий.

Внедрение стандартов CDIO в образовательный процесс потребует кардинальной перестройки этого процесса, но при этом позволит перейти на новую ступень развития, повысить самореализацию выпускников.

Список литературы

1. www.cdio.org - официальный сайт проекта «The CDIO™ Initiative».
2. <https://asi.ru/news/8865/> - официальный сайт Агентства стратегических инициатив.
3. <https://www.skoltech.ru/2016/02/primenenie-kontseptsii-cdio-v-inzhenernom-obrazovanii/> - официальный сайт Сколковского института науки и технологий.
4. <https://www.skoltech.ru/2017/12/evropejskaya-regionalnaya-konferentsiya-cdio-den-1/>
5. Всемирная инициатива CDIO. Стандарты: информационно-методическое издание / Пер. с англ. и ред. А.И. Чучалина, Т.С. Петровской, Е.С. Кулюкиной; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 17 с.

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ НА ПРЕДПРИЯТИИ. СИСТЕМА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА

Белянцева Н.В., Полушатов А.М.

Орский гуманитарно-технологический институт (филиал ОГУ)

В условиях современного энергетического кризиса, предприятия, которые хотят быть конкурентоспособными на рынке товаров и услуг, должны задуматься о снижении себестоимости выпускаемой ими продукции. Что повлечет за собой уменьшение стоимости их товара и как следствие – привлечение покупателей.

Чтобы снизить себестоимость продукции, недостаточно просто приобретать более дешевое (и не всегда качественное) сырье или сокращать численность персонала (это самый простой способ экономии, но он является временным снижением затрат). Этот способ может привести к снижению качества выпускаемого товара, что отпугнет часть покупателей или приведет к их полному отсутствию.

Есть способ более трудоемкий, но он позволяет получать экономию денег без ущерба качеству выпускаемой продукции и с сохранением численности квалифицированного персонала для обеспечения ведения технологического процесса. Это управление рациональным расходованием энергетических ресурсов предприятием при помощи инструмента, который называется – система энергетического менеджмента. Некоторые специалисты сравнивают СЭНМ со спортом – на первых этапах тебе сложно, но дальше ты привыкаешь к систематическим нагрузкам и в будущем они приносят не только спортивный результат, но и удовольствие. И когда мы имеем стабильный, хороший результат, мы уже не хотим его терять и спокойно продолжаем работать в заданном ритме.

Стандарт учит нас рациональному использованию энергоресурсов без ущерба производству. Приведем простой пример. Вы двигаетесь по шоссе на автомобиле с разрешенной скоростью 90 км/ч. При этом вы нажимаете на педаль акселератора, не задумываясь о том, какой на данный момент расход топлива у автомобиля. Например, он составляет – 12 литров на 100км. Но представьте, если вы попытаетесь потихоньку отпускать педаль акселератора до того момента, пока не почувствуете, что автомобиль движется с той же разрешенной скоростью в 90 км/ч, но при этом расход топлива снизится, например, до 10 литров на 100 км. В итоге, вы проехали одинаковое расстояние, но сэкономили немало горючего и, кстати, снизили выброс углекислого газа в атмосферу (на данной проблеме, стандарт ISO50001 делает особый акцент). Попробуйте проверить, это реально так!

Итак, этот пример нам говорит о том, что нужно искать экономию в мелочах, порой мало заметных, но если постоянно использовать эти обнаруженные мелочи, то получается большой результат.

Данная система (и как ею пользоваться), описана в международном стандарте ISO50001 в редакции 2018 года.

Цель настоящего международного стандарта состоит в том, чтобы помочь организациям установить системы и процессы для улучшения уровня энергоэффективности, учитывающий энергоэффективность, характер использования и количество потребляемой энергии. Применение настоящего стандарта позволит снизить выбросы парниковых газов и другие экологические воздействия, а также энергозатраты посредством системного подхода к энергоменеджменту. Настоящий стандарт применим организациями любых типов и размеров, независимо от географических, культурных или социальных условий. Успешное его применение зависит от приверженности сотрудников на всех уровнях организации и, особенно, от высшего руководства.

Настоящий международный стандарт определяет требования к системе энергоменеджмента (СЭнМ), следуя которым организация должна разработать и выполнять энергополитику, установить цели, задачи и Планы действий, учитывающие законодательные требования и другую информацию, относящуюся к значимому использованию энергии. СЭнМ позволяет организации достигать обязательств, закрепленных в политике, предпринимать необходимые действия для улучшения уровня энергоэффективности и демонстрировать соответствие системы требованиям настоящего международного стандарта. Настоящий международный стандарт применим к деятельности, находящейся под контролем организации, и его применение может быть настроено на специфические требования организации, включая сложность системы, степень документирования, а также необходимые ресурсы.

Для того, чтобы понимать, как все это должно работать, необходимо разработать и утвердить руководство по системе энергетического менеджмента. Руководство разрабатывается под каждое предприятие индивидуально. А также разделы руководства должны полностью соответствовать разделам международного стандарта ISO 50001. На начальном этапе внедрения СЭнМ, требование о необходимости соответствия разделов руководства и разделов стандарта, дает нам понять, что лишь точное выполнение правил позволит начать экономить энергетические ресурсы с все большим постоянством и это войдет в норму.

Кратко рассмотрим некоторые важные разделы руководства.

Область применения

Руководство описывает СЭнМ предприятия в соответствии с требованиями международного стандарта ISO 50001 и устанавливает требования к СЭнМ на предприятии.

Руководство предназначено для:

- внутреннего применения с целью поддержания в рабочем состоянии и совершенствования СЭнМ на предприятии;
- внешнего применения в целях сертификации (ресертификации) СЭнМ и демонстрации соответствия требованиям международного стандарта ISO 50001 всем заинтересованным сторонам (поставщикам, подрядчикам, органам власти, населению и т.д.).

С руководством должны быть ознакомлены под подпись все руководители, специалисты и служащие подразделений предприятия, включённых в область функционирования СЭнМ.

Нумерация разделов и подразделов руководства соответствует нумерации разделов и подразделов международного стандарта ISO 50001:2018.

Область применения СЭнМ

В данном разделе описывается на какой технологический процесс распространяется СЭнМ.

Границы СЭнМ

Здесь необходимо обозначить границы, в рамках которых будет действовать СЭнМ, т.е. нужно прописать производственные площадки, цеха и прочие основные фонды предприятия.

Область распространения СЭнМ

В данном разделе описывается область распространения СЭнМ, например:

СЭнМ распространяется на:

- персонал предприятия, включенный в область функционирования СЭнМ;
- систему деловых отношений предприятия с партнерами (поставщиками, подрядчиками) в части требований к поставщикам, подрядчикам, закупаемым товарам (работам, услугам), предъявляемым к последним в целях обеспечения энергоэффективности;
- производство готовой продукции.

Руководитель подразделения, входящего в область функционирования СЭнМ, отвечает за функционирование СЭнМ в подразделении. Для более полного вовлечения подразделения в сферу деятельности СЭнМ и оперативного решения связанных с ней вопросов, может назначаться уполномоченный по СЭнМ подразделения.

Решение о пересмотре области применения и границ осуществляет высшее руководство при проведении анализа со стороны руководства.

Лидерство и приверженность

Высшее руководство в лице директора предприятия берет на себя обязательство по обеспечению поддержки функционирования СЭнМ посредством:

- а) организации разработки, внедрения и поддержания в актуальном состоянии энергетической политики предприятия;
- б) назначения представителя руководства по СЭнМ, создания энергетической комиссии, определения подразделений, ответственных за реализацию СЭнМ, утверждения полномочий и ответственности в части СЭнМ;
- в) выделения ресурсов (финансовых, людских, информационных) для обеспечения функционирования СЭнМ;

- г) определения и поддержания в актуальном состоянии области применения и границ СЭнМ;
- д) организации информирования персонала о важности энергосбережения и энергетического менеджмента;
- е) организации утверждения целей и задач в области СЭнМ;
- ж) обеспечения соответствия показателей энергорезультативности деятельности предприятия;
- з) организации учета энергорезультативности при долгосрочном планировании;
- и) организации систематического измерения результатов деятельности и составления отчетности;
- к) организации проведения регулярного анализа СЭнМ со стороны представителя руководства.

Энергетическая политика

Это документ, в котором описаны намерения и направления деятельности предприятия, связанных с уровнем энергоэффективности, официально выраженная высшим руководством. Например, это:

- достижение постоянных улучшений в области энергосбережения и энергетической результативности;
- обеспечение доступности информации и необходимых ресурсов для достижения энергетических целей и задач;
- обеспечение соответствия применимым законодательным и иным требованиям, которые предприятие обязуется выполнять применительно к своим типам энергопотребления, расходам энергии и энергоэффективности;
- приобретение энергоэффективных товаров и услуг, повышение энергорезультативности при проектировании вновь возводимых и реконструируемых объектов, включая техническое перевооружение.

Обычно, это отдельный документ, заверенный руководителем предприятия.

Обязанности, ответственность и полномочия

Работы по разработке, внедрению и функционированию СЭнМ осуществляются рабочей группой по СЭнМ под руководством представителя руководства по СЭнМ.

Рабочая группа по СЭнМ и представитель руководства по СЭнМ назначаются приказом.

Действия, направленные на риски и возможности

При планировании деятельности в области СЭнМ предприятие определяет риски и возможности, на которые требуется направить усилия для достижения намеченных результатов в области СЭнМ и обеспечения постоянного улучшения СЭнМ и энергорезультативности.

Цели, энергетические задачи и планирование их достижения

Энергетические цели и задачи структурных подразделений и предприятия в целом, устанавливаются и документально оформляются на периодической основе (ежегодно).

Энергетические цели и задачи предприятия согласованы с Политикой и способствуют постоянному улучшению энергетической результативности.

При разработке энергетических целей и задач принимают во внимание:

- применимые законодательные и другие требования в области энергетики;
- области значимого использования энергии (значимые энергопотребители);
- финансовые, производственные и коммерческие условия, технологические возможности;
- мнения внутренних и внешних заинтересованных сторон.

Для достижения поставленных энергетических целей и задач ежегодно разрабатывается Программа энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Мониторинг достижения энергетических целей и задач предприятия осуществляют ежегодно и отражают в отчете для анализа высшему руководству. Мониторинг достижения энергетических целей проводится путем сравнения фактических значений с плановыми значениями с указанием причин отклонения.

Для своевременного выполнения мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности формируются детальные планы действий, которые должны, в том числе, включать следующую информацию:

- что должно быть сделано (описание задач и/или мероприятий);
- какие потребуются ресурсы (стоимость и источник финансирования);
- кто будет нести ответственность (ФИО ответственного за исполнение задач и/или мероприятий);
- когда эти действия будут завершены (сроки начала и/или завершения выполнения задач и/или мероприятий);
- каким образом будут оцениваться результаты, включая методы проверки улучшения энергоэффективности (методы верификации выполнения задач и/или мероприятий, методы верификации достигнутого эффекта).

Энергетические цели, энергетические задачи (мероприятия по энергосбережению и повышению энергетической эффективности) являются обязательными для исполнения наряду с иными планами и программами, подлежат регулярному мониторингу со стороны руководства.

Энергетический анализ

Обычно методика проведения энергетического анализа является отдельным документом, т.к. данный раздел является одним из самых важных разделов

руководства и требует подробного описания проведения энергетического анализа.

Методика устанавливает требования к проведению энергетического анализа с целью оценки эффективности использования энергетических ресурсов, определения энергетических целей и возможных мероприятий для их последующей проработки и включения в программу по энергосбережению и повышению энергетической эффективности и является приложением к руководству по энергетическому менеджменту.

Выполнение требований методики обязательно для всех производственных подразделений предприятия.

Показатели энергорезультативности

Для мониторинга и измерения энергетической результативности предприятия может применяться такой показатель энергетической результативности, как фактический объем потребления энергоресурсов за квартал, календарный год по всем видам энергоресурсов в натуральных единицах.

На показатели энергетической эффективности могут влиять статические факторы (количество рабочих смен, иное) и значимые переменные факторы (объем выпуска продукции, ассортимент продукции, иное). При проведении анализа (сопоставления с базовыми показателями) предприятие должно учитывать влияние данных факторов.

Энергетическая базовая линия

Для оценки энергетической результативности применяется энергетическая базовая линия. В качестве энергетической базовой линии на предприятии можно установить плановый объем потребления энергоресурсов на квартал, календарный год по всем видам энергоресурсов в натуральных единицах.

Планирование для сбора энергоданных

Для того, чтобы ключевые характеристики операций, определяющие энергетические результаты предприятия, были идентифицированы, измерены, подвергались мониторингу и анализировались через заданные интервалы, предприятие должно разработать и внедрить план сбора данных по энергопотреблению.

План сбора энергоданных составляется с учетом имеющегося оборудования для измерения и мониторинга.

План сбора энергоданных может включать:

- перечень собираемых данных (потребление энергии энергопотребление по предприятию; переменные факторы потребления; выполнение планов действий и т.п.)
- источники данных (номера приборов учета или расчетные формулы);
- частоту (периодичность) сбора данных;
- место хранения данных (наименование журнала, файла, иное);
- ФИО ответственного за сбор энергоданных;

- прочие данные.

Периодичность актуализации плана сбора энергоданных определяет предприятие.

Проектирование

На стадии проектирования новых, техническом перевооружении и реконструкции существующих установок, оборудования, систем и процессов, в качестве входных данных и критериев для проектирования учитываются возможности по улучшению энергорезультативности.

В ходе предпроектной деятельности оценка энергоэффективности осуществляется в рамках рассмотрения и согласования технических заданий на проектирование объектов капитального строительства и технических заданий на выполнение работ по ремонту основного технологического оборудования, зданий и сооружений в части применения энергоэффективного оборудования и технологий. Результаты такой оценки подлежат внесению:

- в задания на проектирование объектов капитального строительства и ремонта основного технологического оборудования, зданий и сооружений;
- в проектно-сметную документацию;
- в спецификации на приобретение оборудования и ТМЦ при осуществлении закупочной деятельности.

При проектировании рассматриваются наилучшие доступные технологии и общемировые практики, что способствует большему количеству вариантов при закупках оборудования и проектировании, а также переходу на инновационные энергоэффективные виды оборудования.

При разработке технических решений и выборе оборудования рекомендуется руководствоваться критериями энергетической эффективности, утвержденными ПП РФ № 600 «Об утверждении перечня объектов и технологий, которые относятся к объектам и технологиям высокой энергетической эффективности».

Закупки

В ходе преддоговорной работы, на стадии конкурсных процедур, потенциальные поставщики информируются, что закупка продукции и оборудования, которые имеют или могут иметь влияние на значительное использование энергии (значимых энергопотребителей), частично оценивается с точки зрения энергоэффективности и учитывает аспект энергосбережения. Информирование потенциальных поставщиков проводится на стадии конкурсных процедур, путем включения требований к уровню энергетической эффективности оборудования в критерии оценки услуг, продукции и оборудования при закупке в составе документации о торгах.

Также поставщики информируются о том, что энергоэффективное оборудование более предпочтительно к покупке. Это в свою очередь побуждает производителей и поставщиков стараться производить оборудование с более высокой энергоэффективностью, что приводит к здоровой конкуренции.

Внутренний аудит

Процедуру проведения внутренних аудитов рекомендуется оформить отдельным документом.

Внутренние аудиты в подразделениях предприятия, входящих в область распространения СЭнМ, проводят не реже одного раза в год в каждом подразделении.

Внутренние аудиты СЭнМ планируются и проводятся в подразделениях предприятия для подтверждения того, что СЭнМ:

- соответствует СЭнМ требованиям международного стандарта ISO 50001 и действующей документации СЭнМ;
- соответствует установленным целям и целевым показателям;
- результативно внедрена, поддерживается в рабочем состоянии, включая улучшение уровня энергоэффективности.

Программа внутренних аудитов СЭнМ разрабатывается с учётом статуса и важности процессов и областей, подвергаемых аудиту, а также результатов предыдущих аудитов.

Внутренние аудиты проводятся аудиторами, прошедшими обучение и имеющими соответствующую квалификацию, из числа:

- сотрудников предприятия;
- сторонних специалистов.

Проведение внутренних аудитов должно обеспечить объективность и беспристрастность процесса аудита.

Анализ СЭнМ со стороны руководства

Анализ проводится на основании годового отчёта о функционировании СЭнМ предприятия.

Анализ функционирования СЭнМ выполняется поэтапно и может включать в себя:

- сбор данных о функционировании СЭнМ на предприятии;
- обобщение, анализ и оценка полученных входных данных;
- подготовка итогового отчёта для высшего руководства о результатах функционирования и возможностях дальнейшего улучшения СЭнМ.

Оценку СЭнМ на основании отчёта, подписанного уполномоченным представителем руководства по СЭнМ, проводит руководитель предприятия.

Результатом анализа функционирования СЭнМ со стороны высшего руководства является приказ руководителя предприятия о совершенствовании СЭнМ (при необходимости).

Входными данными для анализа функционирования СЭнМ являются:

- результаты выполнения решений по результатам предыдущих анализов СЭнМ со стороны руководства;
- результаты анализа энергетической политики;
- результаты оценки соответствия законодательным требованиям и иным требованиям, которые предприятие обязуется выполнять;

- результаты анализа энергетической результативности и соответствующих показателей энергорезультативности;
- результаты достижения энергетических целей и задач;
- результаты внутренних и внешних аудитов СЭнМ, включая результаты проверки выполнения законодательных и иных требований;
- статус выполнения корректирующих и предупреждающих действий;
- планируемый уровень энергетической результативности, следующий период;
- рекомендации по улучшению.

Выходные данные анализа СЭнМ со стороны высшего руководства являются исходными данными для процесса энергопланирования.

Выходные данные анализа со стороны руководства включают любые решения и действия, относящиеся к:

- изменению энергетической результативности;
- изменению энергетической политики;
- изменению показателей энергорезультативности;
- изменениям в распределении ресурсов.

Улучшение

Несоответствия и корректирующие действия

Несоответствия или потенциальные несоответствия выявляют в ходе мониторинга, оценки соответствия законодательным и другим требованиям, а также в ходе внутренних и внешних аудитов СЭнМ.

Выявленные несоответствия идентифицируют и регистрируют:

- в протоколах, отчётах, актах и в других формах по результатам мониторинга в области СЭнМ;
- в отчётах внутренних и внешних аудитов СЭнМ.

Оценку значимости несоответствия осуществляют руководители подразделений.

Выявленные несоответствия или потенциальные несоответствия анализируют, выявляют причины их возникновения, оценивают возможности повторного наступления несоответствий, производят коррекцию, разрабатывают корректирующие и предупреждающие действия, устанавливают сроки и назначают ответственных за их выполнение. В обязательном порядке осуществляют контроль их выполнения.

Цель коррекции состоит в устранении выявленного несоответствия. Цель корректирующих действий состоит в своевременном устранении причин обнаруженных несоответствий и предотвращении их повторного возникновения. Предупреждающие действия предпринимают для предупреждения появления потенциальных несоответствий.

Любые корректирующие и предупреждающие действия, направленные на устранение причин возникновения несоответствия, должны быть пропорциональны размерам реальных или потенциальных проблем и их влиянию на уровень энергоэффективности.

Постоянное улучшение

Определение направлений деятельности по достижению постоянного улучшения пригодности, адекватности и результативности СЭнМ осуществляется в ходе проведения анализа функционирования СЭнМ со стороны руководства.

Также стоит отметить, что помимо проведения внутренних аудитов, ежегодно проводится внешний аудит всего предприятия, органом выдавшим сертификат соответствия международному стандарту ISO50001. Результатом такого аудита может быть выдача сертификата (если аудит проводится впервые), либо подтверждение того, что предприятие соответствует требованиям стандарта.

В случае, если предприятие в результате проведения внешнего аудита не подтвердило свой статус соответствия стандарту ISO50001 – предприятие лишается своего сертификата! И всю процедуру сертификации придется проходить снова, а это немалые затраты. Это побуждает руководителей, которые решили внедрить и поддерживать у себя на предприятии СЭнМ, на систематической основе соблюдать все требования стандарта и улучшать свою энергетическую эффективность.

Многие задают вопрос, зачем внедрять СЭнМ, разрабатывать какую-то документацию, платить деньги внешним аудиторам, когда можно купить такой сертификат в интернете за 15-30 тысяч рублей и все!? Да, это можно сделать и многие предприятия так и делают. Но... Стоимость аналогичного товара или услуги предприятия, купившего сертификат в интернете будет выше (даже при одинаковом качестве), чем у предприятия, которое соответствовало требованиям стандарта и систематически, постепенно уменьшало энергопотребление при производстве продукции не теряя качества. Оно может себе позволить снизить цену продукции за счет более меньшей себестоимости и быть конкурентоспособным предприятием. Вот основная цель внедрения энергетического менеджмента.

Некоторые говорят также, что я сам могу следить за разумным энергопотреблением и тем самым минимизировать затраты на производство продукции. Да, можно! Но..... Сегодня вы обратили внимание на какую-то проблему, завтра забыли, послезавтра вам некогда и т.д. И постепенно все ваши старания попыток ведения контроля за энергопотреблением могут сойти на нет. Если бы вас родители с детства не приучили утром и вечером чистить зубы, не напоминали бы вам это делать, то постепенно вы сначала бы чистили зубы только утром, потом через день, а потом бы возможно и совсем перестали это делать. И в результате ваши зубы стали бы не красивыми, либо вы бы их совсем потеряли. Так может произойти и с предприятием. Но чтобы этого избежать, либо минимизировать затраты, стандарт предлагает оформить документально принципы энергоменеджмента на предприятии, довести их до каждого сотрудника, соблюдать и постоянно контролировать их выполнение. Сначала будет трудно

выполнять эти требования, но со временем все привыкнут и это войдет в норму.

Программа по энергосбережению. Мероприятия по энергосбережению.

В данном разделе статьи предлагаю рассмотреть некоторые примеры мероприятий по энергосбережению, которые внедрены на предприятиях. В расчетах стоимость энергоресурсов взята для организации и за разные периоды времени (на момент внедрения).

Мероприятие 1

Расчёт-обоснование

экономической эффективности мероприятия

Установка датчиков движения в коридорах здания

1. Для освещения коридоров этажей здания установлено 42 светодиодных светильника, суммарной мощностью – 1,53 кВт. Для экономии потребления электроэнергии предлагается установка датчиков движения в коридорах на этажах.

2. Расчёт затрат на приобретение и монтаж: (К):

Стоимость одного датчика движения составляет – 1 416,67 руб. без НДС

Затраты на приобретение датчиков составят

$(1\,416,67 \times 30 \text{ шт.}) = 42\,500 \text{ руб. без НДС}$

Стоимость монтажа – 8 500 руб.

Итого – 51 000 руб.

3. Плановая годовая экономия энергетических ресурсов (Qэр, кВт·ч.)

Стоимость сэкономленных энергетических ресурсов (ЭЭР):

$\text{ЭЭР} = Q_{\text{ЭР}} \times S,$

где S – цена единицы энергетического ресурса, действующая на момент разработки мероприятия, руб./кВт·ч.

Годовое потребление электроэнергии без датчиков движения составляет:

$1\,530 \times 468 \times 12 = 8\,603,712 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$

Годовое потребление электроэнергии с датчиками движения ориентировочно составит:

$8\,603,712 \times 0,5 = 4\,301,856 \text{ кВт}$

0,5 – коэффициент использования.

Стоимость электроэнергии - 4,31 руб.

Экономия электроэнергии составит:

$4\,301,856 \times 4,31 = 18\,541 \text{ руб.}$

С учётом налога на прибыль (20 %) = 14 832,8 руб.

4. Расчёт простого срока окупаемости мероприятия по энергосбережению:

$\tau = K / (\text{Ээр} + \text{Э1}), \text{ лет.}$

$\tau = 51\,000 / 14\,832,8 = 3,4 \text{ года.}$

5. Предполагаемый способ подтверждения экономического эффекта:

Расчетный способ.

Мероприятие 2

Расчёт-обоснование

экономической эффективности мероприятия

Установка преобразователя частоты для привода нагнетателя воздуха

1. Подача воздуха в агрегат производится нагнетателем воздуха.

Объем воздуха, который вырабатывает нагнетатель, превышает потребности, и поддержание заданных параметров производится методом дросселирования.

При установке преобразователя частоты на привод нагнетателя появится возможность регулирования объема воздуха за счет оборотов электродвигателя и как следствие экономию электроэнергии.

2. Расчёт затрат на приобретение и монтаж: (K):

Капитальные затраты на реализацию проекта составят 27,22 млн. рублей.

3. Плановая годовая экономия энергетических ресурсов (Q_{эр}, кВт·ч)

Стоимость сэкономленных энергетических ресурсов (ЭЭР):

$$\text{ЭЭР} = Q_{\text{эр}} \times S,$$

где S – цена единицы энергетического ресурса, действующая на момент разработки мероприятия, руб./кВт·ч.

Годовое потребление электроэнергии без преобразователя частоты составляет – 21 495 600 кВт·ч (суточное потребление x 350 дней), после установки ПЧ потребление будет – 16 191 000 кВт·ч (суточное потребление x 350 дней).

Стоимость электроэнергии - 4,39 руб.

Затраты на электроэнергию без преобразователя частоты составляют

$$21\,495\,600 \times 4,39 = 94\,365\,684 \text{ руб./год},$$

После установки ПЧ

$$16\,191\,000 \times 4,39 = 71\,078\,490 \text{ руб./год}.$$

Итого экономия по стоимости электроэнергии после установки ПЧ составит за год:

$$94\,365\,684 - 71\,078\,490 = 23\,287\,194 \text{ руб.}$$

С учётом налога на прибыль (20 %) = 18 629 755 руб.

4. Расчёт простого срока окупаемости мероприятия по энергосбережению:

$$\tau = K / (\text{Ээр} + \text{Э1}), \text{ лет.}$$

$$\tau = 27\,220\,000 / 18\,629\,755 = 1,46 \text{ года.}$$

5. Предполагаемый способ подтверждения экономического эффекта:

По приборам учёта.

Итак, мы рассмотрели два примера расчетов мероприятий по энергосбережению. Первое мероприятие с малыми затратами и с малым экономическим эффектом, но большим сроком окупаемости. Второе мероприятие с большими затратами и с большим экономическим эффектом, но малым сроком окупаемо-

сти. Данные примеры расчетов приведены в сокращенном варианте.

Заключение

В данной статье мы познакомились с системой энергетического менеджмента и кратко рассмотрели некоторые требования международного стандарта ISO 50001. Система энергетического менеджмента внедрена и действует на многих известных отечественных и зарубежных предприятиях. Также мы рассмотрели примеры совершенно разных по своему масштабу мероприятий по энергосбережению. И вокруг нас таких мероприятий очень много и порой они совсем не заметны, но стоит лишь немного приглядеться, и они становятся видны и кажутся настолько простыми и очевидными.

Что же касается системы энергетического менеджмента и внедрять её у себя на предприятии или нет, каждый руководитель должен решать сам. А каждый уважающий себя человек должен помнить, что если ты уходишь из помещения последним – погаси свет!

ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ

Богданов А.В., канд. техн. наук,

Бондарев А.В., канд. техн. наук,

Федоров С.В., канд. техн. наук

Кумертауский филиал

Оренбургского государственного университета, г. Кумертау

Профессионализм в современной ситуации предполагает качество личности, проявляющееся в ее успешной, продуктивной профессиональной деятельности с осознанием социальной значимости этой деятельности, а также осознанием личной ответственности за ее результаты. Профессионал всегда находится в ситуации повышения своего профессионального уровня и творческого проявления себя в профессии.

Рассмотрим на примере формирование универсальной компетенции по направлению подготовки электроэнергетики и электротехника. В качестве примера рассмотрим процесс обучения по дисциплине «Электроника» по теме «Матричные преобразователи частоты».

Матричные преобразователи частоты (ПЧ), которые являются частью более общего класса непосредственных преобразователей, называются устройствами, синтезирующими выходное напряжение различной частоты с помощью поочередного подключения входного многофазного напряжения к выходу ПЧ [1,2].

Для имитационного моделирования и анализа была разработана программа в среде Matlab [3].

Листинг программы

Число фаз входного напряжения

$n:=12$

Циклическая частота входного напряжения

$\omega_0:=100\cdot\pi$

$T_0:=2\cdot\pi/\omega_0$

Число периодов выходного напряжения

$NT:=1$

Значения $N=4, 5, 6, \dots$

$N:=10$

Циклическая частота выходного напряжения

$\omega:=3\cdot\omega_0/N$

Линейная частота выходного напряжения

$\nu:=\omega/(2\cdot\pi)$

Период выходного напряжения

$T:=2\cdot\pi/\omega$

```

i ← -1
time0 ← 0
for t ∈ 0, T0/12..NT·T
    i ← i + 1
    timei ← t
time1000 ← i
φ1 ← 0·2·π/3 φ2 ← 1·2·π/3 φ3 ← π φ4 ← 2·2·π/3 φ5 ← 5·π/3 φ6 ← 7·π/3 φ7 ← 1·π/6
φ8 ← 3·π/6 φ9 ← 5·π/6 φ10 ← 7·π/6 φ11 ← 9·π/6 φ12 ← 11·π/6
A1 ← 220 A2 ← 220 A3 ← 220 A4 ← 220 A5 ← 220 A6 ← 220 A7 ← √3·220
A8 ← √3·220 A9 ← √3·220 A10 ← √3·220 A11 ← √3·220 A12 ← √3·220
z ← 0
for k ∈ 0, 1..time1000-1
    z ← 1
    min ← |√3·220·sin(ω·timek) - Az·sin(ω·timek - φz)|
    for j ∈ 2..12
        z ← j if |√3·220·sin(ω·timek) - Aj·sin(ω·timek - φj)| < min
    min ← |√3·220·sin(ω·timek) - Aj·sin(ω·timek - φj)| if
|√3·220·sin(ω·timek) - Aj·sin(ω·timek - φj)| < min
    U ← Az·sin(ω0·t - φz) if timek ≤ t < timek+1
a0 :=  $\frac{2}{T} \cdot \int_0^T U(t) dt$ 
for k ∈ 1..400
    ak ← 0
    for i ∈ 0..time1000-1
        z ← 1
        min ← |√3·220·sin(ω·timei) - Az·sin(ω·timei - φz)|
        for j ∈ 2..12
            z ← j if |√3·220·sin(ω·timei) - Aj·sin(ω·timei - φj)| < min
        min ← |√3·220·sin(ω·timei) - Aj·sin(ω·timei - φj)| if
|√3·220·sin(ω·timei) - Aj·sin(ω·timei - φj)| < min
        ak ← ak +  $\frac{2}{T} \int_{time_i}^{time_{i+1}} A_z \cdot \sin(\omega_i \cdot t - \phi_z) \cdot \cos(k \cdot \omega \cdot t) dt$ 
for k ∈ 1..400
    bk ← 0
    for i ∈ 0..time1000-1
        z ← 1
        min ← |√3·220·sin(ω·timei) - Az·sin(ω·timei - φz)|
        for j ∈ 2..12

```

$z \leftarrow j$ if $\left| \sqrt{3} \cdot 220 \cdot \sin(\omega \cdot \text{time}_i) - A_j \cdot \sin(\omega \cdot \text{time}_i - \varphi_j) \right| < \min$
 $\min \leftarrow \left| \sqrt{3} \cdot 220 \cdot \sin(\omega \cdot \text{time}_i) - A_j \cdot \sin(\omega \cdot \text{time}_i - \varphi_j) \right|$ if
 $\left| \sqrt{3} \cdot 220 \cdot \sin(\omega \cdot \text{time}_i) - A_j \cdot \sin(\omega \cdot \text{time}_i - \varphi_j) \right| < \min$
 $b_k \leftarrow b_k + \frac{2}{T} \int_{\text{time}_i}^{\text{time}_{i+1}} A_z \cdot \sin(\omega_0 \cdot t - \varphi_z) \cdot \sin(k \cdot \omega \cdot t) dt$
for $k \in 1..400$
 $Am_k \leftarrow \sqrt{a_k^2 + b_k^2}$
for $k \in 1..400$
 $\psi_k \leftarrow \text{atan}\left(\frac{b_k}{a_k}\right)$
 $Kg \leftarrow 0$
for $k \in 2..400$
 $Kg \leftarrow Kg + (Am_k)^2$
 $Kg \leftarrow \frac{\sqrt{Kg}}{Am_1}$
 $N_\Gamma := 90$
for $N \in 1, 2..N_\Gamma$
 $\omega \leftarrow 3 \cdot \omega_0 / N$
 $T \leftarrow 2 \cdot \pi / \omega$
 $i \leftarrow -1$
for $t \in 0, T_0/12..NT \cdot T$
 $i \leftarrow i + 1$
 $\text{time}_i \leftarrow t$
 $\text{time}_{1000} \leftarrow i$
for $k \in 1..400$
 $a_k \leftarrow 0$
 $b_k \leftarrow 0$
for $i \in 0..\text{time}_{1000} - 1$
 $z \leftarrow 1$
 $\min \leftarrow \left| \sqrt{3} \cdot 220 \cdot \sin(\omega \cdot \text{time}_i) - A_z \cdot \sin(\omega \cdot \text{time}_i - \varphi_z) \right|$
for $j \in 2..12$
 $z \leftarrow j$ if $\left| \sqrt{3} \cdot 220 \cdot \sin(\omega \cdot \text{time}_i) - A_j \cdot \sin(\omega \cdot \text{time}_i - \varphi_j) \right| < \min$
 $\min \leftarrow \left| \sqrt{3} \cdot 220 \cdot \sin(\omega \cdot \text{time}_i) - A_j \cdot \sin(\omega \cdot \text{time}_i - \varphi_j) \right|$ if
 $\left| \sqrt{3} \cdot 220 \cdot \sin(\omega \cdot \text{time}_i) - A_j \cdot \sin(\omega \cdot \text{time}_i - \varphi_j) \right| < \min$
 $a_k \leftarrow a_k + \frac{2}{T} \int_{\text{time}_i}^{\text{time}_{i+1}} A_z \cdot \sin(\omega_0 \cdot t - \varphi_z) \cdot \cos(k \cdot \omega \cdot t) dt$

```

bk ← bk +  $\frac{2}{T} \int_{\text{time}_i}^{\text{time}_{i+1}} A_z \cdot \sin(\omega_0 \cdot t - \varphi_z) \cdot \sin(k \cdot \omega \cdot t) dt$ 

Amk ←  $\sqrt{a_k^2 + b_k^2}$ 
KΓN ← 0
for k ∈ 2..400
    KΓN ← KΓN + (Amk)2
KΓN ←  $\frac{\sqrt{K_{\Gamma N}}}{Am_1}$ 

for N ∈ 1, 2..NΓ
    ω ← 3 · ω0 / N
    T ← 2 · π / ω
    i ← -1
    for t ∈ 0, T0 / 12..NT · T
        i ← i + 1
        timei ← t
        time1000 ← i
        for k ∈ 1..400
            ak ← 0
            bk ← 0
            for i ∈ 0..time1000 - 1
                z ← 1
                min ←  $\left| \sqrt{3} \cdot 220 \cdot \sin(\omega \cdot \text{time}_i) - A_z \cdot \sin(\omega \cdot \text{time}_i - \varphi_z) \right|$ 
                for j ∈ 2..12
                    z ← j if  $\left| \sqrt{3} \cdot 220 \cdot \sin(\omega \cdot \text{time}_i) - A_j \cdot \sin(\omega \cdot \text{time}_i - \varphi_j) \right| < \text{min}$ 
                min ←  $\left| \sqrt{3} \cdot 220 \cdot \sin(\omega \cdot \text{time}_i) - A_j \cdot \sin(\omega \cdot \text{time}_i - \varphi_j) \right|$  if
 $\left| \sqrt{3} \cdot 220 \cdot \sin(\omega \cdot \text{time}_i) - A_j \cdot \sin(\omega \cdot \text{time}_i - \varphi_j) \right| < \text{min}$ 

ak ← ak +  $\frac{2}{T} \int_{\text{time}_i}^{\text{time}_{i+1}} A_z \cdot \sin(\omega_0 \cdot t - \varphi_z) \cdot \cos(k \cdot \omega \cdot t) dt$ 
bk ← bk +  $\frac{2}{T} \int_{\text{time}_i}^{\text{time}_{i+1}} A_z \cdot \sin(\omega_0 \cdot t - \varphi_z) \cdot \sin(k \cdot \omega \cdot t) dt$ 

Amk ←  $\sqrt{a_k^2 + b_k^2}$ 
Furie_Ak,N ← Amk

```

Таким образом, программа предназначена для спектрального анализа выходного напряжения матричных преобразователей частоты (в общем случае непосредственных ПЧ) с идеальными ключами, получаемого путем синтеза синусоиды участками двенадцатифазного входного напряжения исходя из непосредственного приближения мгновенных значений напряжений. Программа может быть использована для инженеров, занимающихся изучением преобра-

зователей частоты. Программа позволяет по заданной частоте выходного напряжения непосредственного преобразователя частоты определить его гармонический состав и коэффициент гармоник. Программа осуществляет построение графика выходного напряжения и его гармонических составляющих.

Список литературы

1. Брушлинский А.В. Культурно-историческая теория мышления. М.: Изд-во: «Либроком», 2014. 120 с.
2. Боязитова И.В., Белоус В.В., Ромащенко С.В. Исследование навыков критического мышления и их эффективности у студентов на разных этапах обучения в вузе // Психология. Историкокритические обзоры и современные исследования, 2016. Том 5, № 6А. С. 189 - 201.
3. Кузьминов Я., Фрумин И. Двенадцать решений для нового образования: доклад Центра стратегических разработок и Высшей школы экономики // Национальный исследовательский университет, Москва, 2018. 106 с.
4. Курбан Е., Кривошлыкова М. Межкультурное взаимодействие и межкультурная коммуникация: к определению аспектов // Социум и власть. 2013, №1(39). С. 97-101

ОБ ОЦЕНКЕ КУРСОВЫХ РАБОТ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКИМ ОСНОВАМ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Быковская Л.В., канд. техн. наук, доцент,

Ушакова Н.Ю., канд. техн. наук, доцент

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Оренбургский государственный университет»

В процессе изучения курса «Теоретические основы электротехники» наиболее сложной задачей является написание курсовой работы. Данная учебная задача требует от студента длительной систематической работы, навыков обращения со специализированным программным обеспечением, владением математическими приемами для проведения сложных вычислений. Проблемы при написании курсовой работы связаны с тем, что не все студенты одинаково способны ко всем вышеперечисленным видам работы и необходимости работать над исследованием систематически, что во многом зависит от уровня волевого развития студентов и от их мотивации учения. Еще одной проблемой является оценка подобного вида работы, которая должна быть четкой, объективной, дифференцированной, понятной студенту. В то же время, зачастую оценка курсовой работы сильно разнится от руководителя к руководителю даже в одном образовательном учреждении, включает слишком много субъективных факторов, не позволяет студенту правильно расставить приоритеты при написании работы. [1]

Справедливая оценка знаний и умений у студентов, является важным звеном учебного процесса, от правильной постановки которого во многом зависит успех обучения и дальнейшая мотивация. Целью данной работы является разработка методики оценивания курсовой работы по теоретическим основам электротехники (ТОЭ), которая позволит осуществить комплексный подход к системе контроля в обучении и выделить основные средства его реализации. В настоящее время становится актуальной комплексная оценка учебных и внеучебных достижений обучающихся, используются различные формы оценки и оценочного инструментария, применяются стандартизированные и нестандартизированные методы. Меняется сам принцип оценки – от отметки «методом вычитания» к отметке «методом сложения» достижений обучающегося [2]. Задачами данной работы являлись отбор критериев оценки и разработка шаблона **оценочного листа курсовой работы по теоретическим основам электротехники, рисунок 1.**

При разработке шаблона оценки курсовых работы учитывались традиционные критерии для всех видов студенческих работ такие, как соответствие работы варианту задания, своевременность выполнения работы, грамотность текста, соответствие оформления требованиям СТО 02069024.101–2015 «Работы студенческие», наличие списка источников и ссылок на источники в тексте, яс-

ность, четкость, последовательность и логика изложения материала, самостоятельность выполнения.

Оценочный лист курсовой работы по теоретическим основам электротехники				
Тема работы: Расчет и моделирование электрических и магнитных цепей				
Студент _____ Группа _____				
Руководитель КР _____				
Критерии оценивания	1 задача	2 задача	3 задача	4 задача
Работа соответствует варианту задания				
Своевременность выполнения работы				
Соответствие оформления требованиям СТО 02069024.101–2015 РАБОТЫ СТУДЕНЧЕСКИЕ.				
Правильность использования специальной терминологии и обозначений				
Отсутствие ошибок в записи формул				
Отсутствие ошибок при вычислениях				
Наличие правильных единиц измерения у результатов вычислений				
Отсутствие ошибок и недочетов в графической части				
Наличие списка источников и ссылок на источники в тексте				
Грамотность текста и качество оформления				
Наличие анализа полученных результатов, выводов по полученным результатам				
Самостоятельность выполнения				
Ясность, четкость, последовательность и логика изложения материала				
Защита курсовой работы				
Итоговая оценка _____				
Комментарии к оценкам:				

Научный руководитель _____				
(подпись) (расшифровка подписи: Ф.И.О., ученая степень, должность)				
« ____ » _____ 202_ г.				

Рисунок 1 – Разработанный шаблон оценочного листа

Кроме вышеперечисленных в шаблон оценочного листа были дополнительно включены следующие критерии оценивания:

Правильность использования специальной терминологии и обозначений.

Знание и умение применять специальные термины является залогом дальнейшего успешного обучения выбранной профессии, позволяет правильно

ориентироваться в рабочей документации и соответствовать профессиональным стандартам, которые вводятся с января 2017 года, и ориентированы на знания, умения, трудовые действия и трудовые функции [3].

Использование правильных обозначений – это основа профессиональной подготовки в любой инженерной специальности.

2) Отсутствие ошибок в записи формул.

Наличие ошибок в формулах свидетельствует о том, что студент не овладел основными знаниями, умениями и их применением.

3) Отсутствие ошибок при вычислениях.

Курсовая работа по ТОЭ состоит из четырех заданий, каждое задание предусматривает большой объем сложных математических вычислений. Наличие вычислительных ошибок приведет к неверным результатам и невозможности правильно осуществить графические построения.

4) Наличие правильных единиц измерения у результатов вычислений.

Наличие ошибок в единицах измерения свидетельствует о том, что у студента не сформированы обобщенные способы работы с величинами.

5) Отсутствие ошибок и недочетов в графической части.

Каждое задание курсовой работы содержит большой объем графических построений, при выполнении которых студенты совершают ошибки. К грубым ошибкам относятся построения, выполненные с нарушением основных закономерностей и законов электротехники. К недочетам можно отнести небрежность при выполнении графиков и диаграмм, единичные пропуски обозначений векторов.

6) Наличие анализа полученных результатов, выводов по полученным результатам.

Анализ результатов и написание выводов подводит итог курсовой работы. Студент самостоятельно оценивает свою работу, осмысливает сделанное и не сделанное, намечает перспективы дальнейшей работы.

Отдельно хочется отметить, что в критерии оценки не включена оригинальность текста. Получение высокого процента оригинальности текста можно достичь различными способами. «Большинство из них имеют мало общего с рекомендациями по повышению качества работы. Речь чаще всего идёт о лингвистических ухищрениях. И это не повышает качество работы с точки зрения демонстрации приобретенных студентом знаний и умений по специальности.»[4] Формулировки законов и основные положения электротехники не допускают собственной трактовки, уникальность работы достигается за счет большего количества вариантов задания, неповторимости сочетания численных значений параметров электрической цепи и схем замещения.

Заключительным этапом в оценке курсовой работы является ее защита. Важнейшее требование к студенту, выполняющему курсовую работу, - показать знание основных понятий электротехники, используемых в расчётах, методики их вычисления и понимание их смысла. В ходе защиты студент представляет основные выводы, полученные им по теоретической и практической части курсовой работы.

В процессе защиты преподаватель может задать вопросы по содержанию теоретической части курсовой работы студента, по расчетам и выводам, содержащимся в практической части. Перечень вопросов по теоретической части включен в ФОС дисциплины ТОЭ и доведен до студентов.

Разработанный шаблон может быть использован и при балльно-рейтинговой, и при четырехбалльной системе оценки. При балльно-рейтинговой системе на каждый критерий по оценке выполненной практической части курсовой работы приходится по пять баллов, защита курсовой до 35 баллов. Процедура оценивания подробно описана в ФОС дисциплины ТОЭ.

В результате проделанной работы был определен перечень критериев оценки курсовой работы по ТОЭ и разработан шаблон оценочного листа, представленный на рисунке 1. Заранее известная и понятная методика оценки курсовой работы побуждает студентов к систематической работе и выполнению требований по оформлению результатов своего труда, что позволяет повысить качество обучения и достигать поставленных образовательных целей.

Список литературы

1. Ванюхина Н.В. Методика оценки курсовых и выпускных квалификационных работ по гуманитарным направлениям подготовки // Азимут научных исследований: педагогика и психология. – 2015. – №. 4(13). С. 110-111.
2. Современная оценка образовательных достижений учащихся : метод. пособие / под ред. И.В. Муштавинской, Е.Ю. Лукичевой. — Санкт-Петербург : КАРО, 2015. — 304 с. — (Петербургский вектор внедрения ФГОС ООО). - ISBN 978-5-9925-1021-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1044050> (дата обращения: 08.12.2020).
3. Оськин С.В. Методические рекомендации по процедуре оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, на этапах формирования компетенций: учебное пособие/2-е издание перераб. и доп.// С.В. Оськин.— Краснодар: ООО «Крон».- 2016.-53 с.
4. Степанова С.В. Об оценке качества выпускных квалификационных работ бакалавра // Высшее образование в России. – 2017. – №. 7. С. 21-25.

СРАВНЕНИЕ РАБОТЫ ЗАЩИТЫ С АЛГОРИТМОМ КОРРЕКТИРОВКИ УСТАВКИ СРАБАТЫВАНИЯ ОТ ОДНОФАЗНЫХ КОРОТКИХ ЗАМЫ- КАНИЙ В СЕТЯХ 0,4 КВ С КЛАССИЧЕСКИМИ АЛГОРИТМАМИ ЗАЩИТЫ

Валиуллин К.Р., канд.техн. наук, доцент, Тушев. С.И.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Как отмечено в статьях [1-3], при возникновении короткого замыкания в сетях 0,4кВ происходит интенсивный нагрев проводников, что вызывает увеличение их сопротивления. Это, в свою очередь, вызывает снижение тока и приводит к некорректной работе защиты. Для разработки алгоритма корректировки уставки срабатывания защиты от однофазных коротких замыканий была разработана модель, учитывающая данное явление. Модель выполнена в программном комплексе MATLAB, она демонстрирует физические процессы, протекающие в линии 0,4 кВ при возникновении короткого замыкания, а также позволяет моделировать различные алгоритмы функционирования токовых защит.

Модель представлена на рисунке 1.

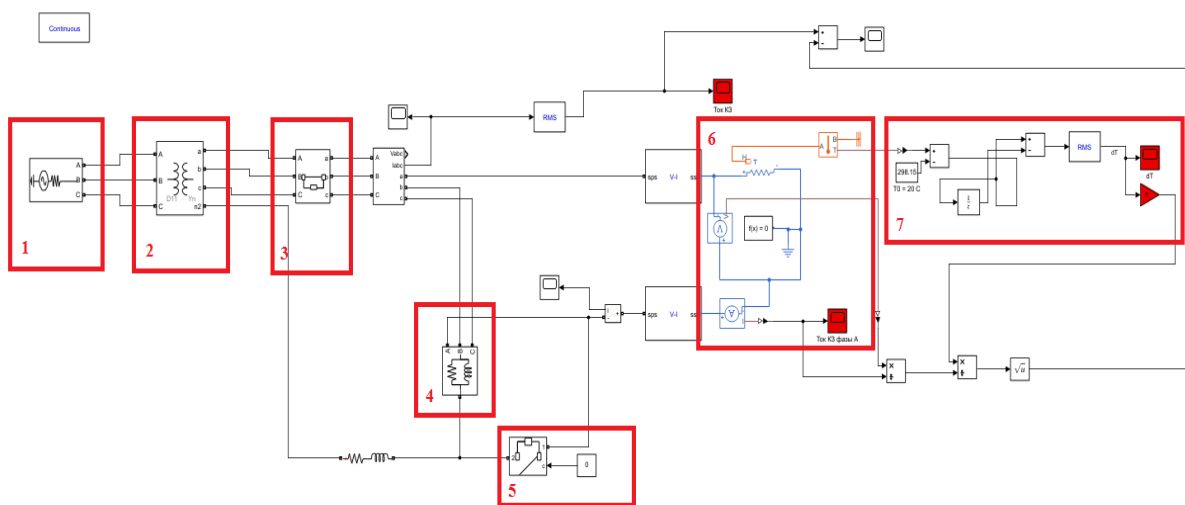


Рисунок 1 – Модель защиты в сетях 0,4 кВ с учетом нагрева кабельной линии

- 1 – Источник питания 10 кВ;
- 2 – Трансформатор 10/0,4 кВ;
- 3 – Выключатель 0,4 кВ;
- 4 – Статическая нагрузка;
- 5 – Выключатель, моделирующий однофазное короткое замыкание;
- 6 – Блок, моделирующий нагрев кабеля;

7 – Расчет скорости изменения температуры dT .

Моделирование проводилось при следующих параметрах: длина проводника – 150м, сечение 75мм², $R_{уд} = 0,0178 \frac{\text{Ом}}{\text{м}}$. И следующих допущениях:

- 1) Путем настройки параметров постоянной времени нагрева и коэффициента рассеяния, теплообмен с окружающей средой сведен к минимуму.
- 2) Не учитывается распределение тепла в изоляции проводника.

Данные допущения обусловлены тем, что при коротком замыкании большое количество тепловой энергии выделяется в течение короткого промежутка времени. При этом теплообменом с окружающей средой и изоляцией можно пренебречь.

Изменение тока короткого замыкания во времени представлено на рисунке 2

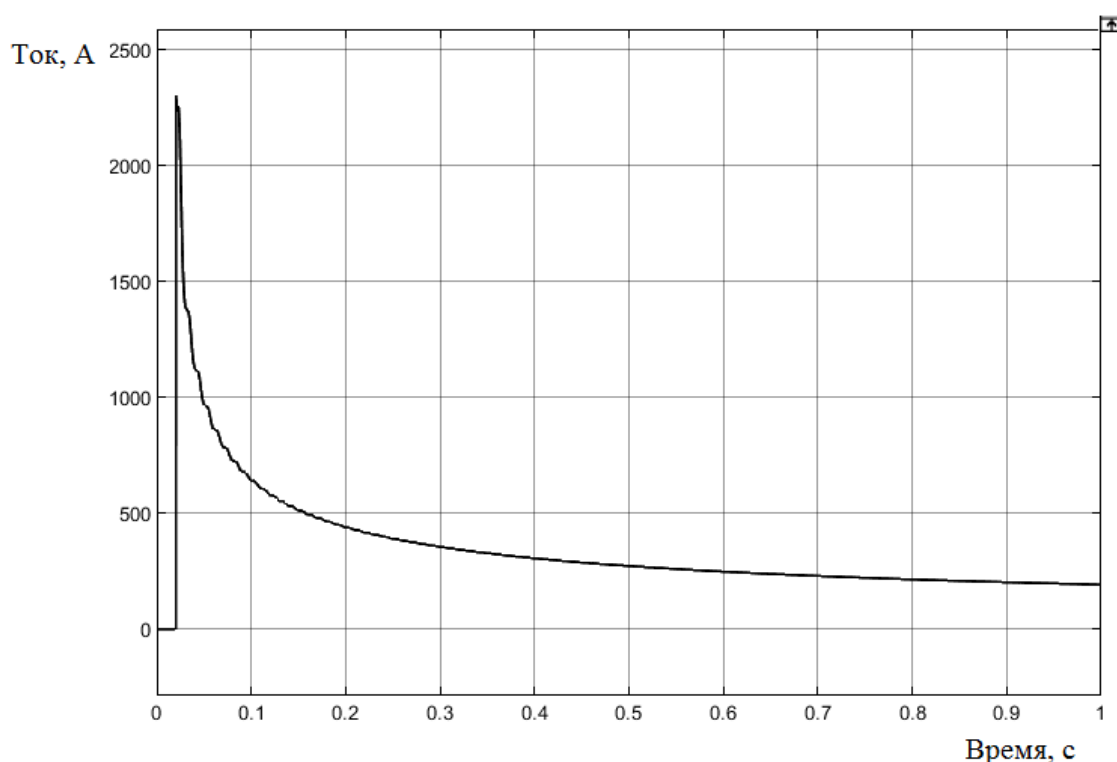


Рисунок 2 – Изменение тока короткого замыкания во времени

Исходя из приведенной зависимости, можно сделать вывод о том, что при уменьшении тока КЗ, защиты, обладающие выдержкой времени могут не срабатывать, либо срабатывать с выдержкой, превышающей заданную.

Пояснение данного явления представлено на рисунке 3. Из рисунка видно, что при уставке срабатывания защиты в 1000 Ампер, и выдержке времени более 0,1 секунды защита может не сработать.

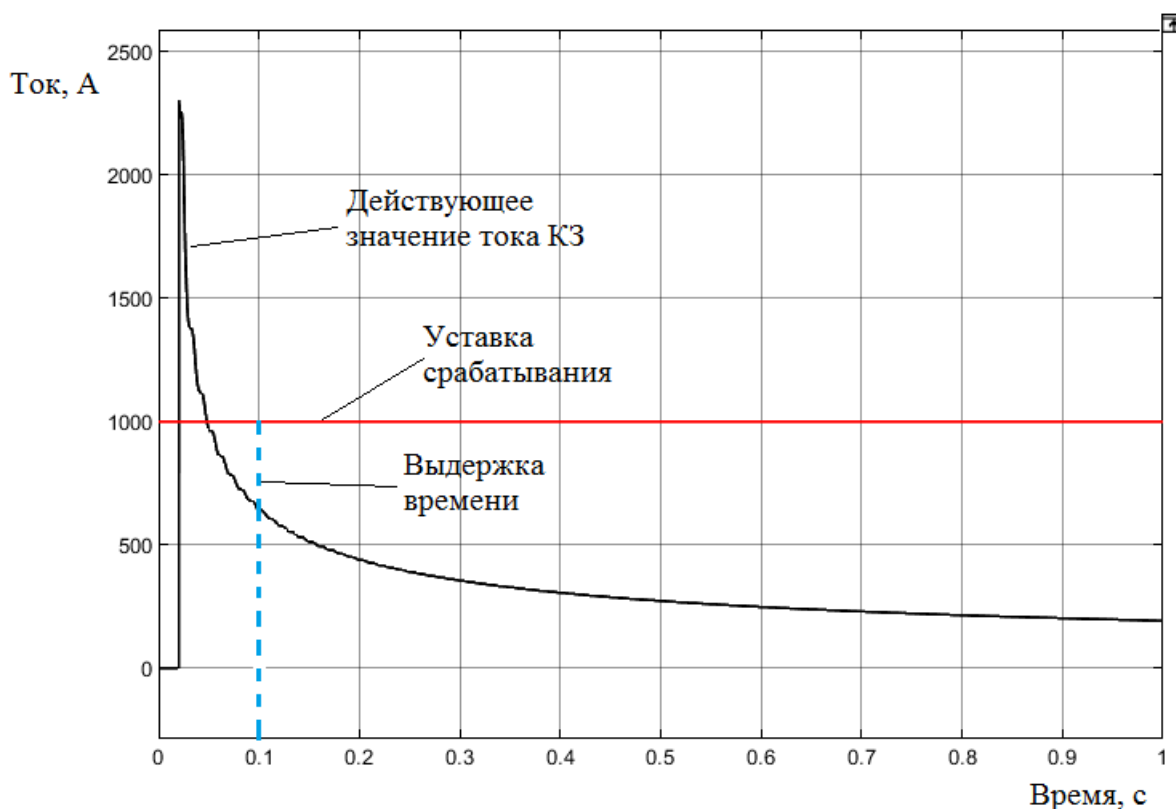


Рисунок 3 – Несрабатывание защиты с наличием выдержки времени при спаде тока КЗ

Особенно критичным данный эффект является для защит с зависимыми выдержками времени. Для таких защит, время срабатывания из-за теплового спада тока КЗ может существенно увеличиваться.

Например, по стандарту МЭК [4] зависимые характеристики срабатывания защиты задаются уравнением:

$$t = \frac{\beta \cdot k}{\left(\frac{I}{I_s}\right)^\alpha - 1}, \quad (1)$$

где I – наблюдаемый ток,

I_s – уставкаи срабатывания,

t – время срабатывания защиты;

β, α – коэффициенты, определяющие вид характеристики;

$k = 0,1$ – коэффициент, использующийся для согласования защит.

Как видно из уравнения (1) при уменьшении наблюдаемого тока время срабатывания защиты увеличивается.

Для устранения данного недостатка предлагается следующий алгоритм. Блок-схема алгоритма представлена на рисунке 4.

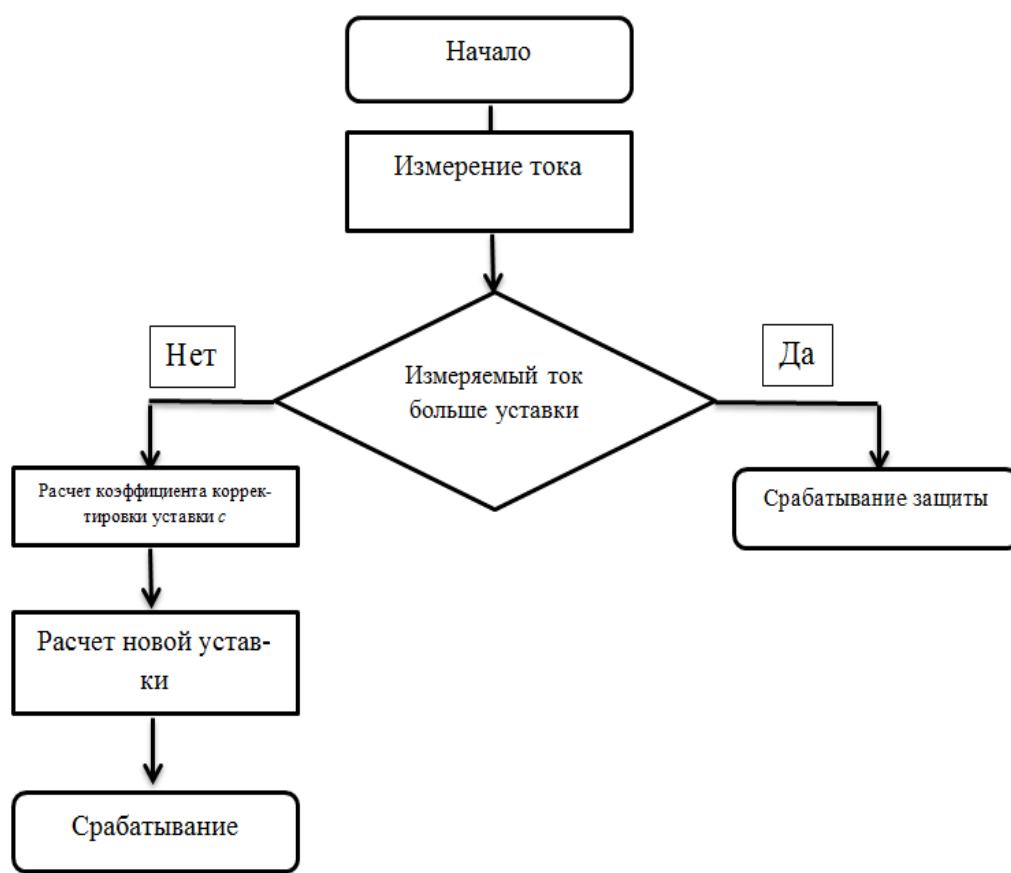


Рисунок 4 – Блок схема алгоритма корректировки уставки

Исходя из формулы (1) можно сделать вывод, что уменьшения времени срабатывания защиты с инверсной характеристикой можно достичь, увеличивая наблюдаемый ток I .

Расчет коэффициента c производится по формуле:

$$c = \frac{I_{\max}}{100}, \quad (2)$$

где $I_{\max}$ – максимальный ток в конце наблюдаемого периода. Значение этого тока должно быть выше максимально возможного тока перегрузки, пусковых токов, чтобы исключить ложные срабатывания.

100 – эмпирический коэффициент, полученный опытным путем.

Корректировка наблюдаемого тока:

$$I_{st} = I + c \cdot I, \quad (3)$$

где I – значение наблюдаемого тока.

На рисунке 5 представлена модель расчета времени срабатывания защиты с инверсной характеристикой для случаев: а) без корректировки уставки; б) с корректировкой наблюдаемого тока

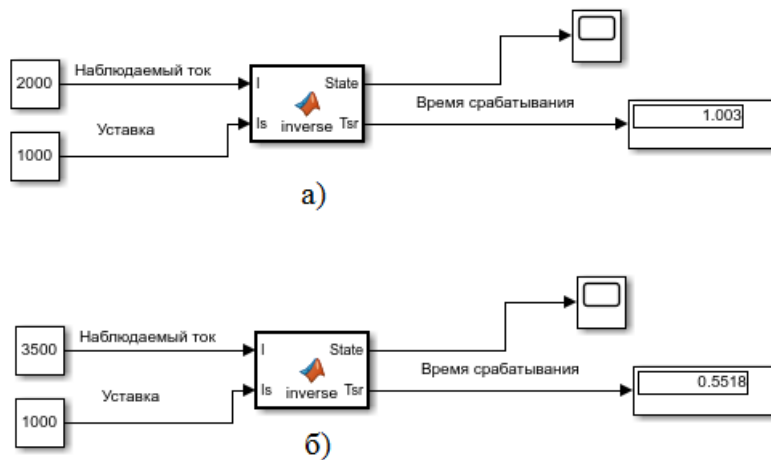


Рисунок 5 – Сравнение времени срабатывания защиты до корректировки и после в заданный момент времени

По полученным результатам можно сделать об эффективности метода корректировки уставки срабатывания защиты.

На рисунке 6 представлена реализация алгоритма корректировки уставки срабатывания в Simulink

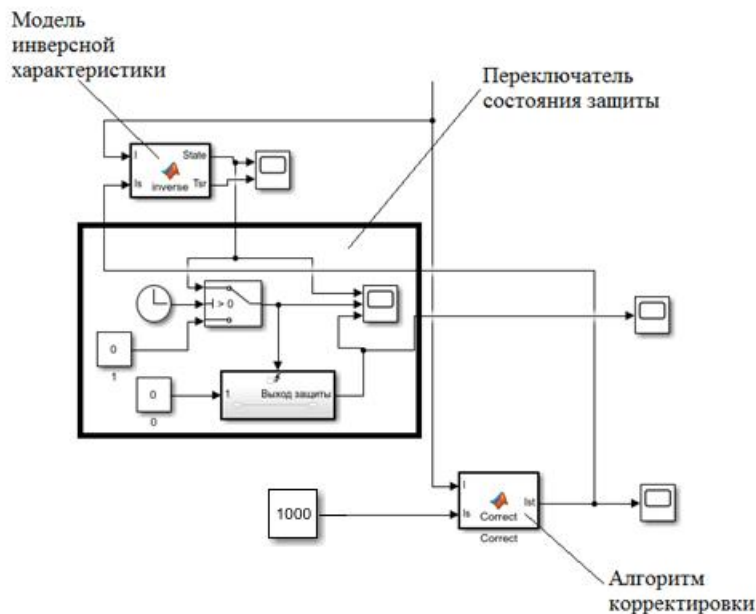


Рисунок 6 – Реализация алгоритма корректировки защиты

Для отстройки защиты от пусковых токов двигателей алгоритм был дополнен блоком расчета и сравнения с уставкой токов нулевой последовательности. Фильтр токов нулевой последовательности представлен на рисунке 7

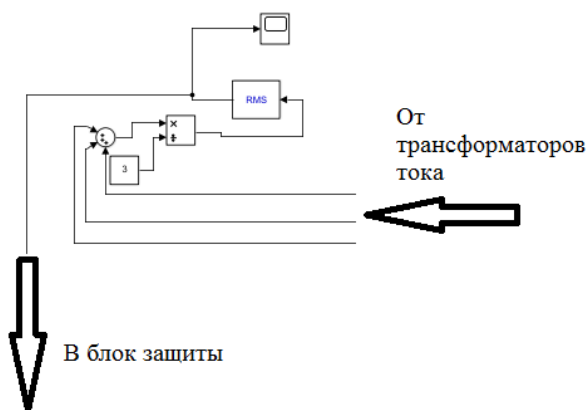


Рисунок 7 – Фильтр токов нулевой последовательности

Данное дополнение к алгоритму корректировки позволяет различать ток однофазного короткого замыкания в сетях 0,4кВ и пусковые токи двигателей, что повышает надежность защиты.

Выводы: Предложенные алгоритмы корректировки уставки срабатывания защит от однофазных коротких замыканий в сетях 0,4кВ по сравнению с классическими алгоритмами позволяют уменьшить время срабатывания, улучшить чувствительность, сделать защиты более гибкими в плане настройки.

Список литературы

1. Лapidус А.А. Увеличение активного сопротивления проводников от их нагрева током короткого замыкания / Лapidус А.А. // 31 Неделя науки СПбГПУ: Материалы межвузовской научной конференции. – СПб, 2003. – С. 5–7.
- 2 К.Р. Валиуллин, С.И. Тушев. Моделирование зависимости тока короткого замыкания от нагрева одножильного кабеля в сетях 0,4кВ/ Валиуллин К.Р., Тушев С.И// Информационные технологии в электротехнике и электроэнергетике: мат-лы 12всерос. науч.-тех. конф. – Чебоксары: 2020. – 534 с.
- 3 К.Р. Валиуллин, С.И. Тушев. Сравнение математических моделей нагрева одножильного проводника при протекании по нему тока короткого замыкания/ Валиуллин К.Р., Тушев С.И// Энергетика: состояние, проблемы, перспективы: мат-лы 11всерос. науч.-тех. конф. – Оренбург: 2020.
- 4ГОСТ МЭК 60255-151-2014. Реле измерительные и защитное оборудование. Функциональные требования к защите от сверхтоков и/или минимального тока – Введ. 2016-01-01. – Москва: 2014. – 42 с.

МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОСЕТИ НА БАЗЕ ПЛАТФОРМЫ MAIXHUB ДЛЯ АКТИВНОЙ ПОДДЕРЖКИ ОПЕРАТОРОВ РЕМОНТНОГО ПЕРСОНАЛА ПОДСТАНЦИЙ

Величко В.А., Веремеев А.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Платформа обучения модели Maixhub позволяет быстро обучать необходимую вам модель ИИ (искусственного интеллекта), при этом не нужно создавать какую-либо среду обучения и запускать код, достаточно просто выбрать тип обучения ИИ, а затем загрузить предварительно созданный набор данных, заранее присвоив ему имя.

Платформа Maixhub автоматически обучит вашу модель и отправит вам результаты по электронной почте.

Сгенерированная модель предоставляется MaixPy – комплекту разработчика, работающему на плате разработка с вычислительной мощностью 1TOPS, и программируется с использованием синтаксиса Micropython.

Классификация объектов: программный комплекс способен определять класс, к которому принадлежит изображение. Пусть модель обучена для классификации трех классов: «Nokia3310», «Player», «AirPods». Когда камера устройства включена, оно обрабатывает каждое изображение, снятое с интервалом 65 мс (информация о времени между снимками подписана в нижнем левом углу экрана, не трудно вычислить частоту обновления экрана: $1000\text{мс}/65\text{мс} \approx 15$ кадров/секунду) и сразу же выводит его на экран, подписывая сверху вероятность принадлежности изображения к тому или иному классу. При этом координаты объекта на выводимом изображении не учитываются. Как вы можете видеть на рисунке 1, вероятность того, что перед нами «Nokia3310» 0.92 или 92%.



Рисунок 1 – Изображение с камеры устройства

Приведем еще примеры работы программного комплекса для классификации объектов. Не трудно заметить, что точность распознавания достаточно высока. Все предметы находятся на одинаковом фоне с приблизительно одинаковым освещением.



Рисунок 2 – Классификация объектов программным комплексом

Обнаружение объекта: устройство определяет положение объекта на изображении и выводит его координаты и размер (т. е. кадрирует распознанный объект).

Рассмотрим подробнее первый тип обучения модели для платы машинного зрения, а именно классификацию объектов. Для того, чтобы создать файл модели, который впоследствии будет успешно обучен ИИ и загружен на плату, необходимо знать несколько правил. Приведем их ниже.

Наименование класса может быть записано только с помощью букв английского алфавита, цифр, а также знака подчеркивания «_».

Разрешение изображения также очень важно при съемке фотографий, обучении модели и классификации объектов, поскольку модель может быть непригодной для использования или же может иметь низкую точность распознавания. Если разрешение фотографий отличается от рекомендуемого, то модель может не пройти обучение или работать некорректно. Для классификации объектов рекомендуется снимать фотографии с разрешением 224x224.

Необходимо заранее определить количество изображений, которые вы хотите сделать для каждого класса. Maixhub выдвигает следующие требования для своей платформы: необходимо не менее 40 фотографий для каждого класса (к примеру, вы можете сделать 100 фото).

Следует отметить, что не нужно делать слишком много фотографий. После сбора изображений вы должны будете запаковать их в zip архив, размер которого не должен превышать 20 Мб.

Рассмотрим более подробно процесс сбора данных для файла модели. Для корректного обучения модели на платформе Maixhub необходимо собрать изображения в папки, а затем vzір архив особым образом.

Существует несколько способов сбора изображений:

Записывать снимки прямо на SD-карту с помощью макетной платы, причем съемка фотографий будет производиться сразу с рекомендуемым разрешением 224x224 (рекомендуется).

Сделать снимки с помощью смартфона, затем использовать инструмент предварительной обработки, чтобы сжать фотографии до необходимого разрешения, а затем обязательно проверить данные вручную после обработки, иначе это может повлечь за собой уменьшение точности обучения модели.

Также можно использовать уже существующие изображения (из интернета, например) и обработать их до необходимого разрешения с помощью инструментов предварительной обработки.

Очевидно, что наилучший способ для сбора фотографий – использование камеры, входящей в комплект платы Maixduino. Но не все так очевидно. Для того чтобы делать снимки на sd-карту, подключенную к плате для разработки, необходимо воспользоваться нижеследующей инструкцией. Будем использовать скрипт для сбора изображений.

Изменим конфигурацию камеры и lcd для удобства съемки, например переменная `lcd.rotation` отвечает за ориентацию изображения на экране устройства.

Подготовим SD-карту с поддержкой режима SPI и отформатируем ее в FAT32 с разделом MBR (msdos).

Скопируем особый `boot.py` в корневой каталог SD-карты (https://github.com/sipeed/MaixPy_scripts/tree/master/application/capture_image_tool).

Выключим плату, а затем вставим SD-карту в плату.

Включим плату, она автоматически создаст каталог, например `cap_images_1`, в следующий раз будет создан каталог `cap_images_2`, чтобы избежать перезаписи фотографий.

Будем снимать изображения для одного класса. Для этого нажмем кнопку загрузки «boot» на плате и отпустим её, чтобы сделать одно изображение, которое будет иметь имя «0» и сохранено по адресу `cap_images_1 / 0 / 0.jpg`. Имя изображения будет автоматически увеличиваться, например `0.jpg 1.jpg...`

Нажмем и будем удерживать кнопку загрузки «boot» на плате, чтобы переключить класс, в результате этого будет создан новый каталог, например `cap_images_1 / 1 /`, а снятые позже изображения будут сохранены в этом каталоге, например `cap_images_1 / 1 / 0.jpg`.

Выключим плату, вытащим SD-карту, установим ее на свой компьютер. Теперь вы можете открыть изображения в файловом браузере.

Скопируем изображения с SD-карты на компьютер, организуем их в структуру каталогов, показанную ниже. Разрешение всех изображений составляет 224x224.

В нашем случае структура дерева папок с фотографиями, представленная на рисунке 3, выглядит следующим образом. После того, как папки будут переименованы, их необходимо упаковать в zip-архив.



Рисунок 3 – Структура дерева папок с фотографиями

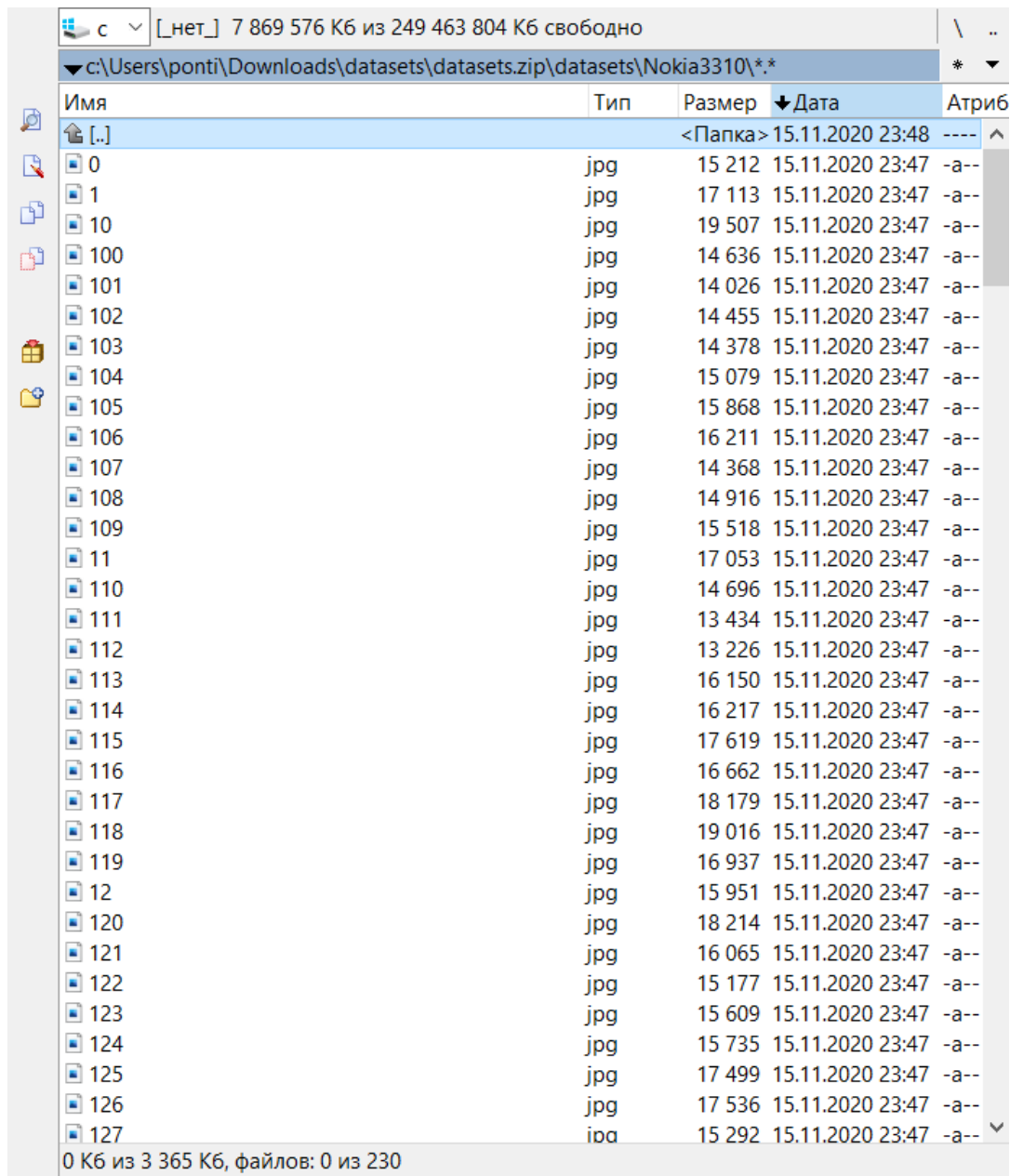


Рисунок 4 – Содержимое массива фотографий для класса Nokia3310

Содержимое остальных папок для двух других классов выглядит аналогично.

Результаты обучения (успешные или неудачные) будут отправлены на ваш адрес электронной почты, указанный в окне тренировки. Вы найдете в письме ссылку на zip-архив. Разархивируйте его и внимательно прочтите README.txt, в нем объясняется, как использовать файлы на английском и китайском языках.

По умолчанию, если у вас установлена последняя версия прошивки платы, скопируйте все полученные файлы в корневой каталог SD-карты, выключите питание и вставьте SD-карту в плату разработки, а затем включите плату (запуск модели происходит автоматически).

Если вам нужно поместить модель во флеш-память, см. руководство MaixRu для получения информации о методе записи.

Список литературы

1. Величко, В. А. Программа активной поддержки оператора электрических подстанций на основе машинного зрения / Величко В. А., Сабуров В.С., Веремеев А. А. // Труды XI Всероссийской научно-технической конференции «Энергетика: состояние, проблемы, перспективы» : материалы Всерос. науч.-метод. конф., 29-31 окт. 2020 г., Оренбург / М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург, 2020. - . - С. 358-362. . - 5 с.

2. Радаев, Н. Н. Обработка информации с помощью нейросети о состоянии потенциально опасного объекта после аварийного воздействия/ Н. Н. Радаев [и др.] // Измерительная техника, 2005. - N 3. - С. 6-8.

3. Чернецова, Е. А. Метод автоматизированной обработки изображений, представленных в виде массива величин интенсивности пикселей, с помощью нейронных сетей/ Е. А. Чернецова // Информационные технологии, 2008. - N 1. - С. 2-6. - Библиогр.: с. 6 (11 назв.).

4. Балагаев, А. Ю. Цифровая трансформация экономики России: возможности и риски/ А. Ю. Балагаев // Банковское дело, 2018. - № 7. - С. 64-67.

5. Дьяков, И. Ф. Применение нейронной технологии для прогнозирования надежности транспортного средства/ И. Ф. Дьяков // Автоматизация. Современные технологии, 2018. - Т. 72, № 2. - С. 67-72. - Библиогр.: с. 72 (5 назв.).

ОБУЧЕНИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ РАСПОЗНОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОСЕТИ НА ПЛАТФОРМЕ MAIXHUB ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ

Величко В.А., Митрофанов Н.С., Веремеев А.А.

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

На сегодняшний день при эксплуатации и проектировании энергетического оборудования возникает множество проблем, связанных с его обслуживанием во время производственных процессов. На этапах проектирования во внимание принимается опыт эксплуатации установок и массива накопленных знаний и технических решений. Актуальность и перспективность принимаемых инженером решений, во многом будет зависеть от инструментальной базы, используемой им. Под которой будем понимать совокупность знаний, ГОСТов, патентов и иных исследований в рассматриваемой технической области.

В настоящее время при решении вопросов, связанных с качеством проектирования и эксплуатации, стало применение математического моделирования.

В связи с этим предлагаемое обучение нейросети модели Maixhub методом классификации объектов, позволит оперативно оценить ситуацию, во время работы персонала и получить необходимый массив данных для проектирования оптимальных решений, для эффективной эксплуатации электротехнического оборудования.

Платформа обучения модели Maixhub позволяет быстро обучать необходимую вам модель ИИ (искусственного интеллекта), при этом не нужно создавать какую-либо среду обучения и запускать код, достаточно просто выбрать тип обучения ИИ, а затем загрузить предварительно созданный набор данных, заранее присвоив ему имя.

Платформа Maixhub автоматически обучит вашу модель и отправит вам результаты по электронной почте.

Для загрузки набора данных и начала обучения, необходимо выполнить последовательность действий:

Создадим задание для тренировки по адресу:
<https://www.maixhub.com/mtrain.html>.

Выберем тип тренировки модели (в нашем случае выбираем objectclassification).

Введем адрес электронной почты, чтобы получать результаты, включая удачные (файлы модели и т. д.), а также неудачные (будет указана причина отказа) результаты.

Далее потребуется машинный код (этот шаг можно пропустить, если код не требуется, однако в настоящий момент указывать код обязательно):

Предупреждение: из-за необходимости шифрования модели запуск key_gen.bin всегда будет отключать порт JTAG и записывать одноразовый ключ

AES KEY, перед записью убедитесь, что он не влияет на вашу разработку. (Если вы не используете JTAG для отладки или просто используете MaixPy для разработки, это не повлияет на вашу разработку.

Скачиваем прошивку key_gen_v1.2.zip по адресу <https://www.maixhub.com/index/mtrain/help.html>.

Скачиваем kflash-gui по адресу https://github.com/Sipeed/kflash_gui/releases.

Записываем прошивку на плату key_gen при помощи утилиты kflash-gui.

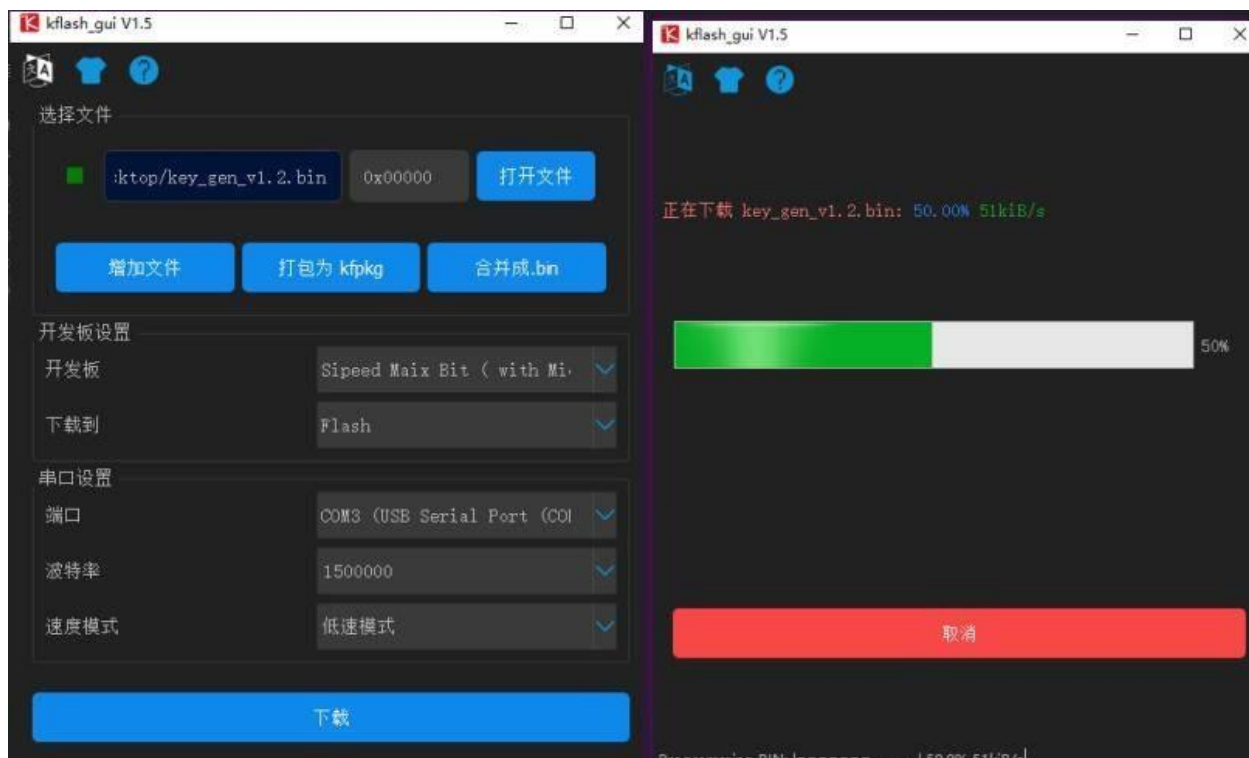


Рисунок 1 – Прошивка при помощи утилиты kflash-gui

Открываем терминал (можно использовать Putty), нажимаем кнопку «reset», получаем на экране сообщение приблизительно такого содержания.

Please Send Bellow Data to Sipeed --> support@sipeed.com:

6f80dccbe29*****cc7e9d69f92

Generate key end

6f80dccbe29 *****cc7e9d69f92 – это и есть машинный код платы разработчика.

create task

upload dataset

training list

Step.1 create a new task

* Email:

Email address of receiving model

* Machine code:

How to get it please see the help above

classification:

Object Classification

Description:

Description

Next

Рисунок 2 – Шаг 1. Создание машинного кода
Загружаем набор данных.

create task

upload dataset

training list

Step.2 Upload your dataset.

* Upload files. :

Click to upload file

Data set format has strict requirements, download the example.

Start training

Instructions For more details, please go to the [Help Page](#).

1. select the prepared zip data set, with the size limited to 20MB.

2. If the task in training has not started, you can cancel it, otherwise you cannot cancel it.

3. After the training, you can receive an email containing kmodel model. The training needs time, please wait patiently

Рисунок 3 – Шаг 2. Загрузка собранных данных

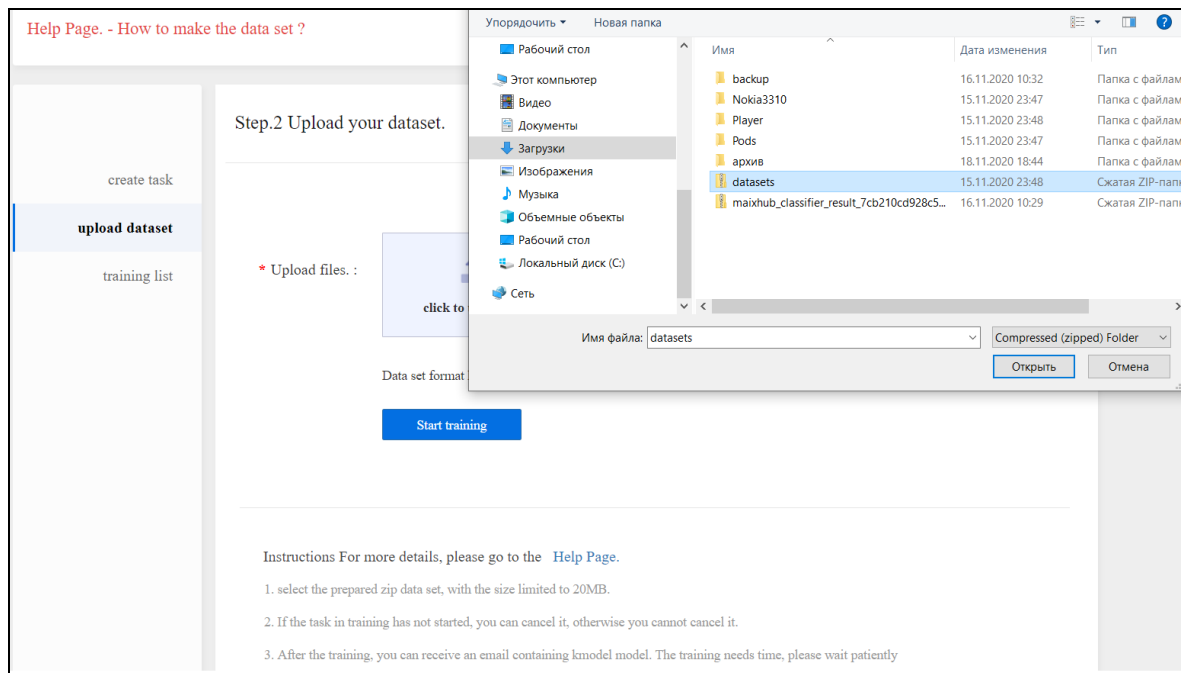


Рисунок 4 – Шаг 2. Загрузка из собранного архива данных с ПК

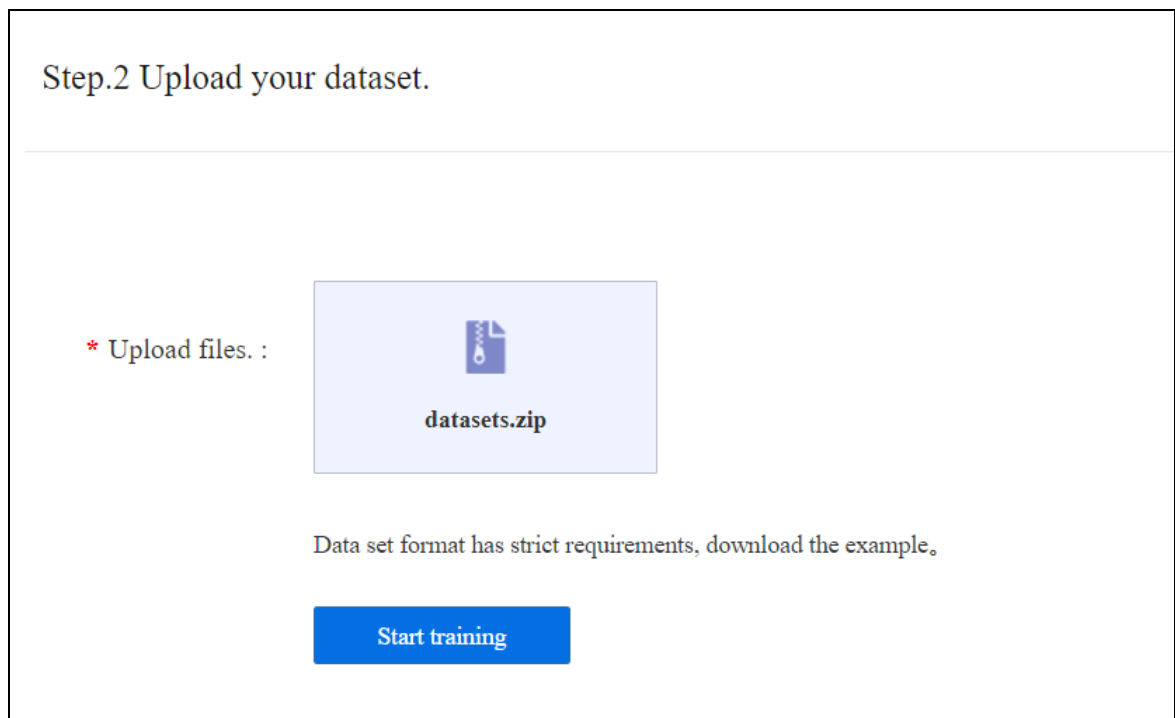


Рисунок 5 – Шаг 2. Загрузка созданного архива

Нажимаем кнопку создания задачи – начинается процесс тренировки модели. Также в списке вы можете видеть историю уже прошедших тренировки моделей

	Step.3 Training!			
create task				
upload dataset				
training list				
	#	Task Status	Expected waiting time	Operation
	51de0671c0df5341a6fe8cd6c269e073	Training - 1/100	728s	Cancel.
	7cb210cd928c56cb8c438d9a3b50cb14	TaskStatus.TRAIN_SUCCESS	---	Download
	cae2a4751bc455a0b48e835fe479b245	TaskStatus.TRAINING	---	Cancel.

Рисунок 6 – Шаг 3. Обучение модели

Итогом работы будет файл, который высылается по указанному вами адресу электронной почты. После апробации модели составляется заключение об адекватности созданной модели и применении ее на практике.

Список литературы

1. Кащенко Николай Михайлович Лабораторные работы по искусственному интеллекту. Два способа создания нейросетей. Обучение и адаптация нейросетей. Простейшие исторически первые сети : учебно-методическое пособие / авт. -сост. С. А. Ишанов, Е. В. Корягин, С. В. Мациевский, О. В. Толстель. Калининград : Изд-во БФУ им. И. Канта, 2012 // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Физико-математические и технические науки. 2013. №10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/laboratornye-raboty-po-iskusstvennomu-intellektu-dva-sposoba-sozdaniya-neyrosetey-obuchenie-i-adaptatsiya-neyrosetey-prosteyshe> (дата обращения: 2.01.2021).

2. Полуянович Николай Константинович, Дубяго Марина Николаевна Прогнозирование ресурса кабельных линий с использованием метода искусственных нейронных сетей // Известия ЮФУ. Технические науки. 2019. №3 (205). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prognostirovanie-resursa-kabelnyh-liniy-s-ispolzovaniem-metoda-iskusstvennyh-neyronnyh-setey> (дата обращения: 30.12.2020).

3. Лиля Владимир Борисович, Костюков Александр Владимирович Экспертная система диагностики силовых трансформаторов // ИВД. 2013. №1 (24). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekspertnaya-sistema-diagnostiki-silovyh-transformatorov> (дата обращения: 5.01.2021).

4. Шулешко Александр Николаевич, Лонцих Павел Абрамович Применение систем искусственного интеллекта для прогнозирования параметров качества машин // Вестник ИрГТУ. 2013. №11 (82). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-sistem-iskusstvennogo-intellekta-dlya-prognozirovaniya-parametrov-kachestva-mashin> (дата обращения: 2.01.2021).

ПОДКЛЮЧЕНИЕ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ К ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЮ ЧАСТОТЫ

Волик В.Н., Чижов О.С.,

Безгин А.С., канд. техн. наук, доцент

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Оренбургский государственный университет»

Преобразователи частоты – это электрические устройства, смысл работы которого заключается в изменении частоты переменного тока. Для России – это 50 Гц. и 60 Гц. в некоторых других странах, таких как Америка. Частота изменяется из-за того, что меняется выходное переменное напряжение. Преобразователи частоты нужны для изменения скорости вращения асинхронных и синхронных двигателей различных мощностей. Это позволяет использовать преобразователи частоты во многих сферах работы и использования.[1]

«Частотники» можно разделить на два основных вида.

– электромашинные преобразователи частоты

– электронные преобразователи частоты

Электромашинные (индукционные) преобразователи распространены меньше всего. Их используют тогда, когда применение электронных преобразователей частоты невозможно или трудно выполнимо.

Электронные преобразователи частоты основаны на силовой транзисторной или тиристорной части и микроконтроллеров управления.

Электронные преобразователи частоты подразделяются на две группы:

- с непосредственной связью;

- с промежуточным звеном постоянного тока.

Преобразователи частоты или же «частотники», с непосредственной связью, превращают напряжение при помощи участков синусоид питающей сети. Основа таких устройств - это реверсивные тиристорные преобразователи, которые, в зависимости от ситуации, могут быть подключены по встречно-параллельной, нулевой, мостовой или перекрёстной схемам. Количество необходимых тиристорных комплектов зависит прямо пропорционально от количества фаз сети. Так, для трёхфазной сети требуется, соответственно, три комплекта тиристоров. Комплекты тиристоров разделяются на анодные и катодные группы. По ходу их последовательной работы на выходе создается необходимая частота. На рисунке 1 представлены преобразователи частоты различных фирм.[2]

Рисунок 1 – Преобразователь частоты фирмы а) Vacon, б) OBEH в) Siemens



а)

Vaconб)

OBEHв)

Siemens

Существует многовариантов управления частотным преобразователем. В процессе использования ПЧ осуществляется оперативный контроль следующих функций представленных ниже:

Пуск – Останов (Старт – Стоп). Управление началом вращения и торможением подключенного двигателя. Установка скорости. Настройка рабочей скорости привода. Аварийный останов. Аварийное снятие силового питания, сигнал разрешения работы.

Эти изменения в работе «частотника» создаются путем подачи сигналов с внешних устройств или же с панели управления. Другими оставшимися параметрами можно управлять исключительно с панели управления, причем некоторые из них могут быть активны только при выключенном двигателе.

Способы управления преобразователем частоты могут быть следующими:

- управление с помощью клавиатуры или же панели управления частотного преобразователя
- управление при помощи пульта ДУ
- аналоговый вход (изменение текущей скорости вращения двигателя)
- дискретные входы (изменение различных состояний и параметров преобразователя)
- последовательный интерфейс RS-485 либо его аналог

Управление скоростью двигателя по цифровым входам в режиме “ПУСК/ДИСТ” происходит следующим образом. Конфигурация предназначена для управления скоростью по цифровым входам, от 0 до 50 Гц, без внешнего потенциометра, с разомкнутым контуром процесса и векторным принципом управления. На рисунке 2 представлена схема внешних подключений дискретных входов. На рисунке 3 приведен пример программной конфигурации преобразователя частоты.[3]

Рисунок 2 – Схема внешних подключений дискретных входов

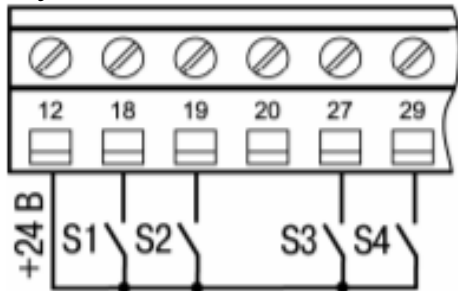


Рисунок 3 – Пример программной конфигурации преобразователя частоты

№	Код	Наименование	Знач.	Примечание
1	3-15	Источник задания 1	0	Отключено
2	3-16	Источник задания 2	0	
3	3-17	Источник задания 3	0	
4	5-10	Функция, клемма 18	8	Пуск
5	5-11	Функция, клемма 19	19 или 20	Фиксация выхода или задания
6	5-12	Функция, клемма 27	21	Увеличение скорости
7	5-13	Функция, клемма 29	22	Снижение скорости

Arduino – это маленькая, недорогая плата с микроконтроллером, которая нужна для разработки множеств электронных устройств с открытым исходным кодом. Говоря упрощенно, Arduino - это макетная плата на основе микроконтроллера, которая может быть использована для создания различных цифровых устройств, которые могут анализировать данные, получаемые, например, при взаимодействии пальца и кнопки, касании пальцем экрана, изменении освещенности и создавать из этого определенные выходные сигналы, например, включение светодиода, вращение ротора двигателя, воспроизведение песен через динамик и т.д. Программирование Arduino достаточно просто и не требует специальных знаний. В сети есть так же много информации по использованию Arduino, которая находится в свободном доступе. Каждая плата Arduino имеет USB-разъем, который позволяет подключить ее к компьютеру.[4]

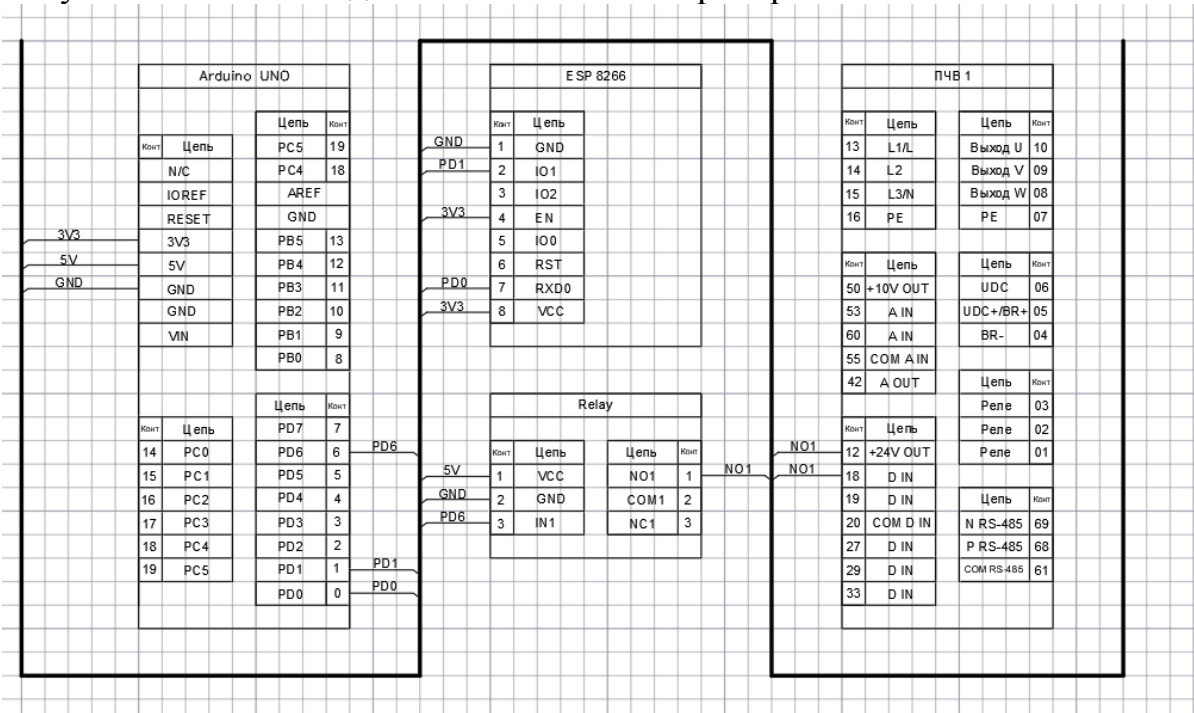
Осуществить подключение интернета вещей к преобразователю частоты можно многими способами. Его основой является управление тем или иным прибором, через Wifi – модуль, через который подключается управляющее устройство, будь то современный мобильный телефон или ноутбук. Наиболее универсальным Wifi – модулем является модель модели ESP8266. На рисунке 4 представлен внешний вид Wifi – модуль ESP8266. На рисунке 5 представлена схема подключения Arduino к преобразователю частоты.[5]

Рисунок 4 – Внешний вид Wifi – модуль ESP8266



Так же, для подключения Arduino к Wifi – модулю ESP8266, необходимы следующие элементы. В некоторых случаях, для подключения Wifi – модуля ESP8266 к Arduino используют делитель напряжения основанный на двух резисторах.

Рисунок 5 – Схема подключения Arduino к преобразователю частоты



Для имитации срабатывания кнопок, на Arduino подойдут электромагнитные реле, которое представлено на рисунке 6. При подачи напряжения на катушку, электромагнитное реле срабатывает на замыкание или разрыв. Аналогичным образом работают и обыкновенные кнопки.

Рисунок 6 – Электромагнитное реле для имитации срабатывания кнопок



Подключение интернета вещей к преобразователю частоты можно осуществить множеством способов, однако, наиболее простым способом будет подключение интернета вещей через платформу Arduino.

Список литературы

1. Григораш О.В., Корзенков П.Г. Преобразователи частоты с улучшенными характеристиками// Научный журнал КубГАУ г.Кубань
2. Иванов В.О. Исследование преобразователей частоты. Основные сведения// Научная статья НИУ Московский институт электронной техники г.Зеленоград
3. Техническая документация Краткое руководство и быстрый запуск привода с преобразователем частоты ПЧВ1 и ПЧВ2
4. Аджиев Р.А., Картавцев Д.В. Микроконтроллеры и среда разработки// Научный статья Воронежский институт ГПС г.Воронеж
5. Холматов Ойбек, Бурхонов Зафарбек Автоматизация и управление промышленными роботами на платформе Arduino// Научный журнал АМИ г.Андижан

РАЗРАБОТКА БЛОКА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ЗАЩИТ

**Греков Э.Л. канд. техн. наук, доцент,
Могучев М.В. канд. техн. наук, директор по научной работе
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»
Акционерное общество
«РУДОАВТОМАТИКА имени В.В. Сафошина»**

Карьерные электрические экскаваторы являются достаточно мощными энергопотребителями. Например, мощность не самого большого экскаватора ЭКГ-12К с объемом ковша 12 м³ в пике составляет до 1.5 МВт. Питание осуществляется по кабелю напряжением 6 кВ от сети с изолированной нейтралью.

Экскаватор является сложной электромеханической системой, работающей в тяжелых условиях – широкий диапазон изменения температур, вибрация, тряска, большие динамические нагрузки из-за поворота корпуса и копания [1]. Все это снижает надежность работы электрооборудования, в том числе и высоковольтного. Поэтому надежное обеспечение защит от аварийных ситуаций по линии 6 кВ является важным требованием.

Высокое напряжение через кольцевой токосъемник поступает на комплектное распределительное устройство (КРУ), находящееся внутри кузова экскаватора. В нем находится вакуумный выключатель (ВВ) для оперативного включения и отключения силового канала электропривода.

ОГУ и АО Рудоавтоматика им. В.В. Сафошина совместно разрабатывают блок высоковольтных защит (БВЗ), который должен удовлетворять следующим требованиям:

- рабочая температура окружающей среды от плюс 85 до минус 40°С;
- максимальная влажность воздуха 100% при +25°С;
- окружающая среда с содержанием пыли до 40 мг/м³;
- по воздействию механических факторов нормальная работа должна обеспечиваться для группы условий эксплуатации М35 по [2] с учетом следующего:

- тряска и вибрация в диапазоне частот от 0,5 до 100 Гц с максимальным ускорением 1g;

- многократные удары с ускорением 15g длительностью 2-20 мс.

БВЗ должен обеспечивать следующие виды защит:

- от обрыва фазы;
- от перегрузки с зависимой выдержкой времени;
- токовая отсечка при коротких замыканиях;
- от однофазных замыканий на землю;
- по минимальному и максимальному напряжению;
- контроль целостности жилы заземления высоковольтного кабеля.

Функциональная схема БВЗ приведена на рисунке 1.

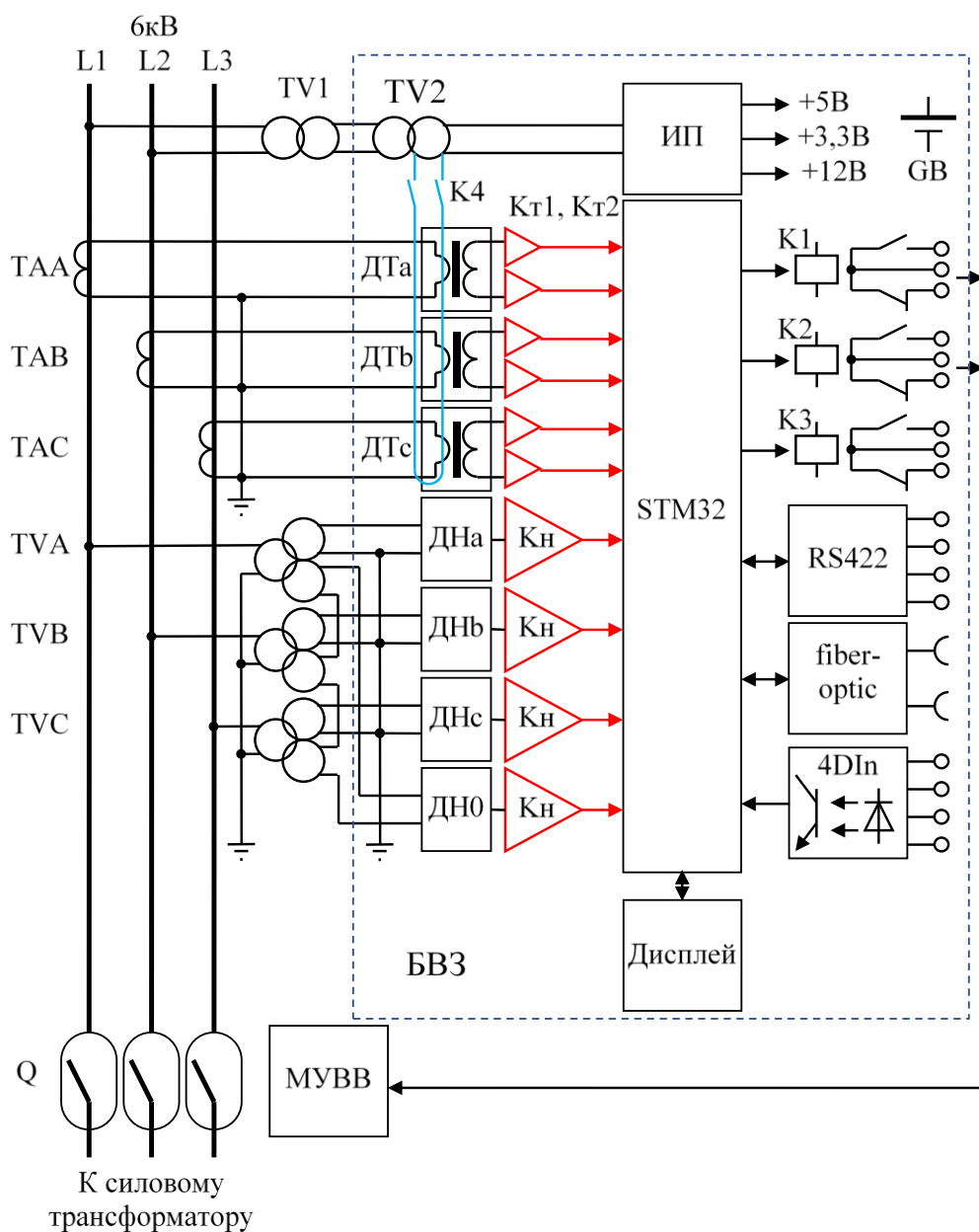


Рисунок 1 – Функциональная схема БВЗ

Ток в высоковольтных линиях на входе КРУ измеряется тремя трансформаторами тока (ТТ) ТАА, ТАВ, ТАС. Далее ток вторичных обмоток поступает на дополнительные ТТ, находящиеся внутри БВЗ. Они обеспечивают дополнительную гальваническую развязку от высоковольтных ТТ. Выходы ДТa-ДТc подключены на входы усилителей-преобразователей с двумя коэффициентами усиления K_{T1} и K_{T2} . Согласно [3] перегрузочная способность токовых входов микроконтроллерных РЗА должна составлять длительно 2 номинальных значений, кратковременно - до 40. Два канала усилителей сигнала тока по каждой фазе настроены на эти уставки.

Для самотестирования БВЗ применяется общая токовая петля по всем ТТ, подключаемая на вторичную обмотку питающего трансформатора TV2 с по-

мощью реле К4. Режим самотестирования применяется при выключенном вакуумном выключателе Q при включении БВЗ.

Трансформаторы напряжения TVA-TVСвключены по схеме звезда с заземленной нейтралью. Такое включение позволяет определить напряжение нулевой последовательности, которое возникает при однофазном коротком замыкании линии на корпус экскаватора. Одна вторичная обмотка измерительных трансформаторов соединяется по схеме звезда. Такая схема применяется для изменения уровня напряжения питающей сети для мониторинга и обеспечения защит по минимальному и максимальному напряжению. Другая вторичная обмотка соединена по схеме разомкнутых треугольник для измерения напряжения нулевой последовательности.

Каждое измеренное напряжение поступает на гальванически развязанные датчики ДНа-ДНс.

Интеллектуальной частью БВЗ является 32-х разрядный микроконтроллер STM32F767VIT6 с производительностью 462 DMIPS, объемом ПЗУ 2 Мб, ОЗУ 512 Кб. Задачами микроконтроллера являются:

- сканирование аналоговых сигналов, определение максимальных и действующих значений;
- обработка результатов сканирования, определение время-токовых характеристик защит и выдача заданий на срабатывание выходных реле KV1-KV3;
- обработка входных дискретных сигналов DIn и выполнение технологических функций;
- отображение информации на дисплее и обработка кнопок управления БВЗ;
- принятие команд через проводные и оптические каналы связи и выдача результата по протоколу MODBUS.

При отработке тех или иных видов защит через реле К1-К4 БВЗ выдает команду на выключение модулю управления вакуумным выключателем (МУВВ) и одновременно блокирует принудительное его включение от кнопок управления КРУ.

При срабатывании защиты необходимая информация отображается на дисплее и сохраняется в памяти микроконтроллера. Ведется журнал режимов работы БВЗ в зависимости от времени. Для этого используется функция часов реального времени микроконтроллера.

БВЗ разрабатывается с применением технологий безбумажного проектирования с помощью САД системы КОМПАС и среды сквозного проектирования электронных устройств DeltaDesign.

Внешний вид разработанного блока приведен на рисунке 2. Блок принципиально разделен на три разъединяющихся части:

- блок коммутации (нижняя часть), в которой размещены все необходимые датчики, источники питания и выходные реле;
- блок процессорный (средняя часть), в котором находится микроконтроллер и модули связи;

- блок индикации (верхняя часть), в котором находится светодиодный матричный дисплей и органы управления.

Новое устройство будет внедрено в производство на новых линейках низковольтных комплектных устройств управления электроприводами и электрооборудованием экскаваторов по системе «Преобразователь частоты – асинхронный двигатель».

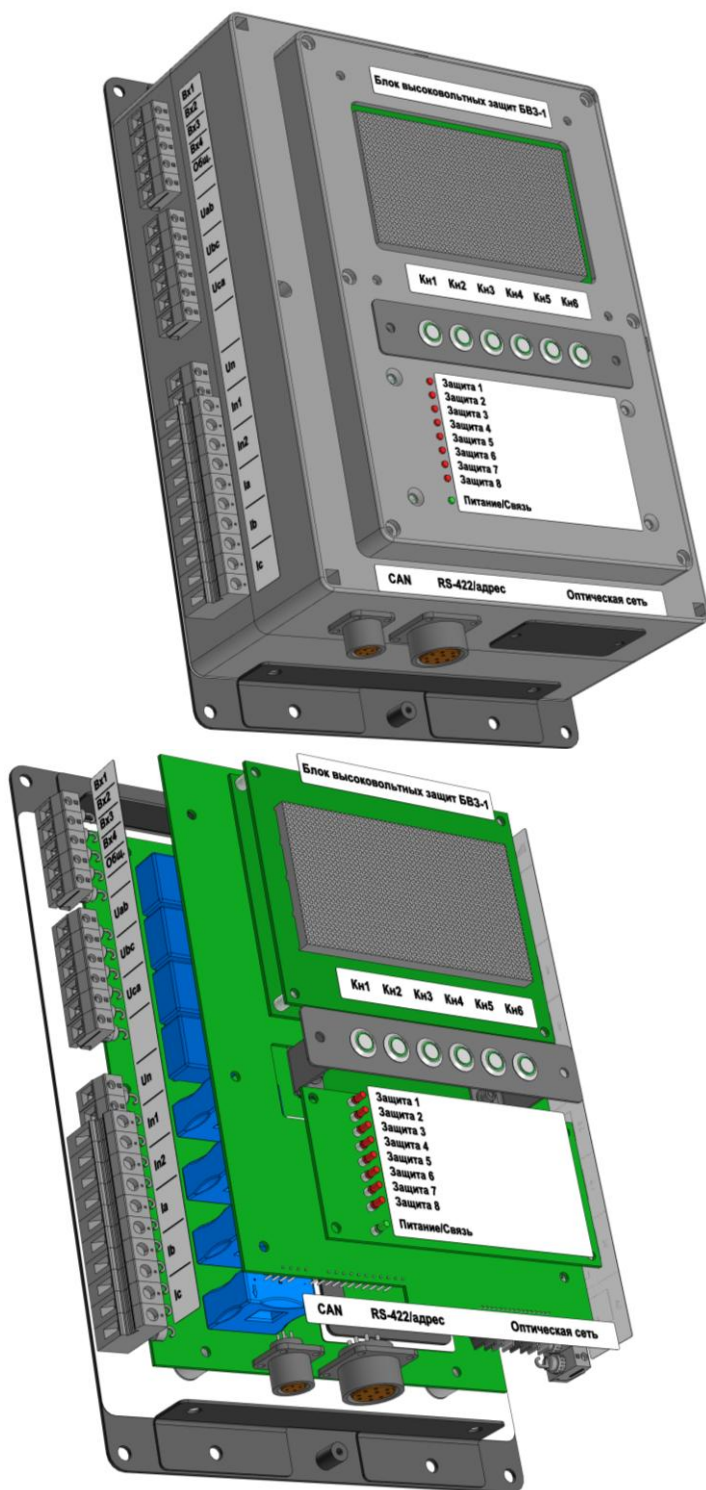


Рисунок 2 – Внешний вид БВЗ

Список литературы

1. Влияние на сеть и энергетика низковольтных комплектных устройств для серии электрических экскаваторов, выполненных на базе системы "тиристорный преобразователь-двигатель" / Микитченко А.Я., Сафoshин В.В., Греков Э.Л., Могучев М.В., Шевченко А.Н., Жирков А.А., Шоленков А.Н., Шевченко Д.Р., Филимонов С.И., Бессонов В.Г. // Горное оборудование и электромеханика. 2012. № 7. С. 8-15.

2. ГОСТ 17516.1-90 Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам (с Изменениями N 1, 2)

3. Технические требования к микропроцессорным устройствам РЗА. Стандарт организации ПАО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007-29.120.70.241-2017

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ»

Гусаров А.А. канд. техн. наук, доцент,

Греков Э.Л. канд. техн. наук, доцент

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Оренбургский государственный университет»

Лабораторные занятия являются необходимым и обязательным компонентом в инженерном образовании. Работая руками, студент закрепляет теоретический материал, понимая применимость тех или иных физических законов и технических решений.

Большую долю действий, совершаемых студентом электроэнергетического направления в процессе выполнения лабораторных работ, составляют измерения тех или иных электрических величин. Важно знать способы включения измерительных устройств, их классификацию и применимость.

В электроприводе как электромеханической системе присутствуют множество типов сигналов с разными формами и уровнем гармоник. Не все измерительные приборы способны правильно оценить уровень таких сигналов. Поэтому студент должен уметь пользоваться различными типами проборов, понимая их назначение.

На кафедре автоматизированного электропривода, электромеханики и электротехники разработали лабораторный стенд по изучению средств измерений, способов и методик проведения соответствующих опытов, которые пригодятся студентам в дальнейшем в профессиональной деятельности при монтаже, пуско-наладке электротехнических установок и электроприводов.

На рисунке 1 приведен внешний вид лабораторного стенда.

Все элементы измеряемых цепей и приборы имеют клеммы для подключения. Схема собирается студентом самостоятельно, что развивает навыки пуско-наладочных работ.

На передней панели стенда можно выделить несколько зон:

1) блок простейших элементов измерительных цепей, таких как индуктивности, емкости, активные сопротивления, диоды. Их количество достаточно для сборки различных схем по вариантам;

2) блок переменных резисторов для регулирования параметров электрических цепей в процессе работы;

3) блок электронного и стрелочного мультиметров. Переносные многофункциональные приборы являются одним из необходимых инструментов инженера-наладчика в области электротехники. Причем функциональность, класс точности и принцип работы этих приборов различны. Поэтому необходимо познакомить студентов с как можно больше разных типов мультиметров. Их на лабораторном стенде 3 (еще один дополнительный с повышенной точностью находится в блоке 4);

4) блок измерения RLCc с помощью специального прибора и дополнительного мультиметра;

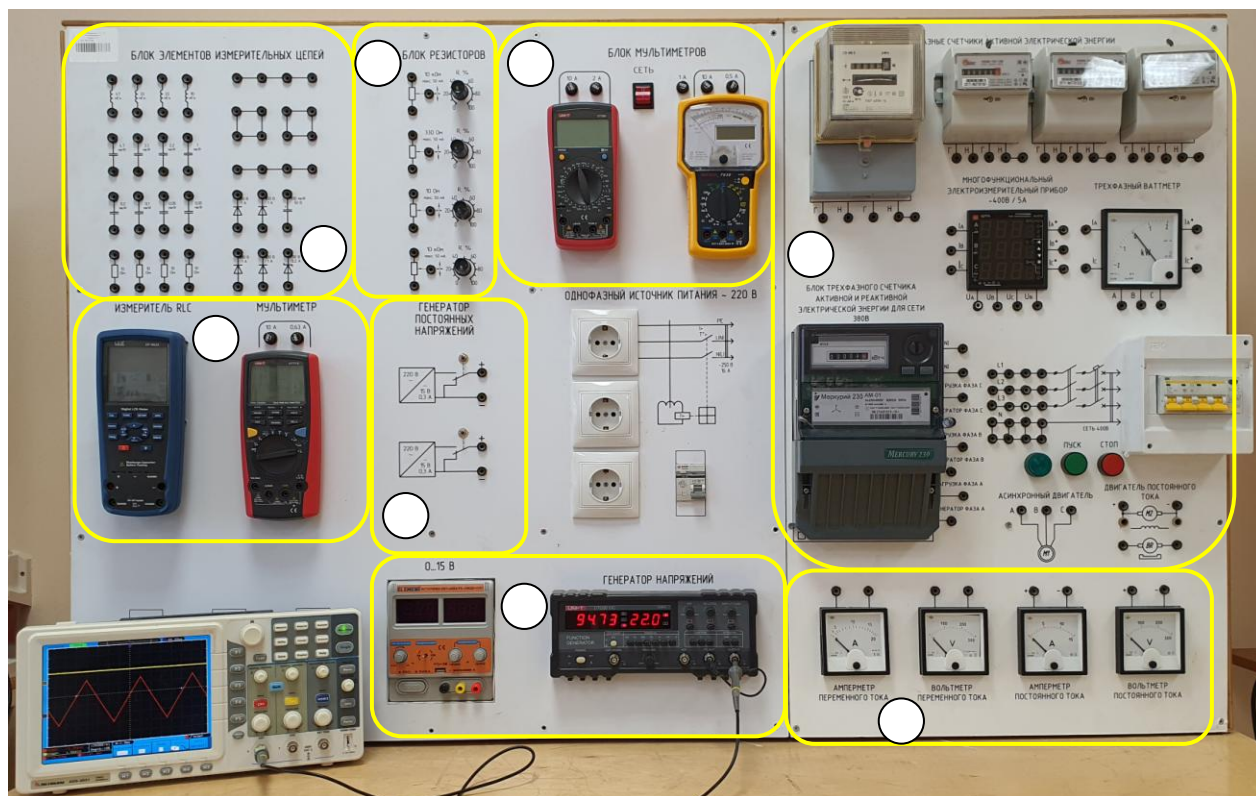


Рисунок 1 – Внешний вид лабораторного стенда

5) блок формирователя фиксированных напряжений плюс 15В. Источники имеют возможность оперативно включать и выключать напряжение для анализа переходных режимов в измеряемых цепях;

6) блок регулируемого источника питания 0-15В и генератора сигналов различной формы. Генератор способен формировать сигналы синусоидальной, прямоугольной, треугольной форм различной частоты и уровня;

7) блок измерений активной и реактивной мощности состоит из трехфазных и однофазных механического и электронных счетчиков, стрелочного ваттметра, а также multifunctional прибор для электрических измерений параметров нагрузки. В этом же блоке находится автоматический выключатель, индикация наличия напряжения и кнопки управления встроенным контактором;

8) блок стрелочных амперметров и вольтметров постоянного и переменного тока.

Все источники питания имеют защиту от коротких замыканий. Входы мультиметров защищены предохранителями, расположенными на передней панели стенда. Сами электронные приборы питаются от сети через соответствующие источники питания.

Стенд комплектуется цифровым осциллографом.

Разработанный лабораторный стенд позволяет проводить 14 работ по вариантам:

1) изучение возможностей multifunctional приборов для измерения напряжения, тока и частоты при различных формах исследуемого сигнала (3 работы);

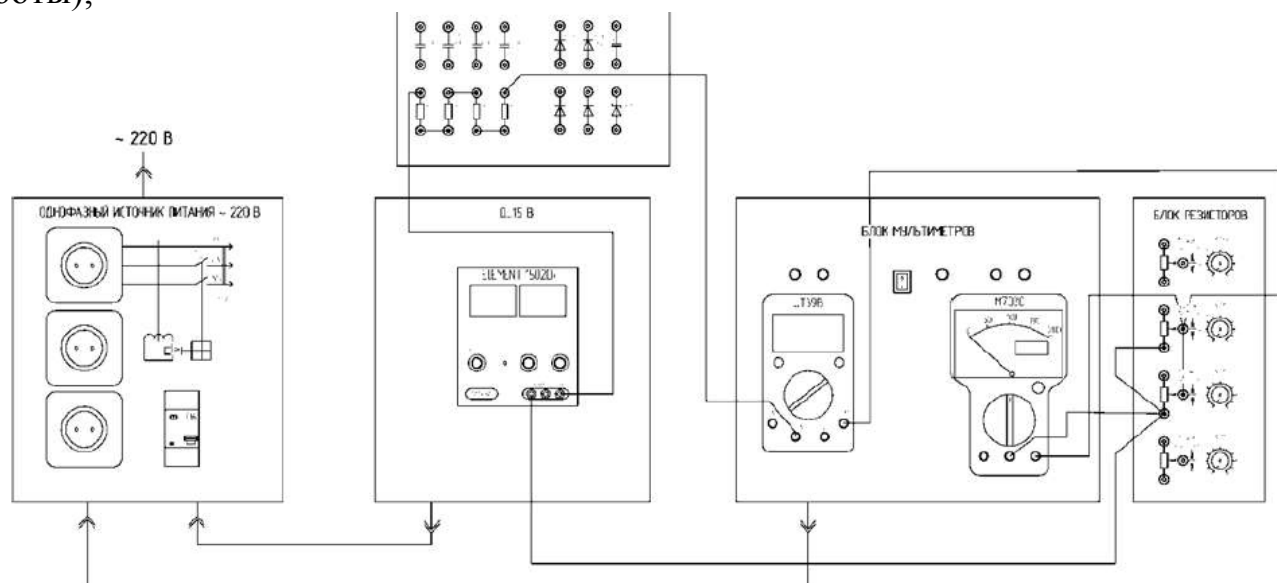


Рисунок 2 - Измерение тока косвенным методом

2) измерение с помощью электронного осциллографа различных сигналов (1 работа);

3) измерения эквивалентных величин последовательного и параллельного соединений реактивных и активных элементов с помощью мультиметров и методом амперметра-вольтметра (2 работы);

4) построения АЧХ пассивных линейных и нелинейных четырехполюсников (2 работы);

5) измерения переходных процессов линейных и нелинейных четырехполюсников (2 работы);

6) измерение параметров активной и активно-индуктивной однофазной нагрузки с помощью счетчика, амперметров, вольтметров и мультиметров (2 работы);

7) измерение параметров активной и активно-индуктивной трехфазной нагрузки с помощью счетчиков, амперметров, вольтметров, ваттметров (2 работы).

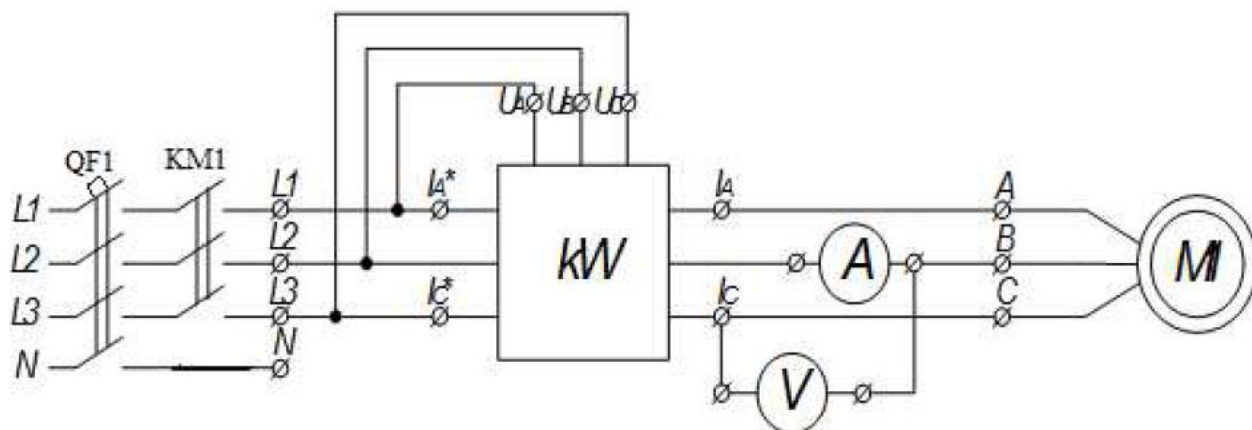


Рисунок 3 – Измерение потребления активной и реактивной мощности

Лабораторный стенд апробирован на дисциплинах «Электроника», «Основы электроизмерений», «Электрические и компьютерные измерения» для специальностей направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Список литературы

1. ГОСТ Р 51137-98 Электроприводы регулируемые асинхронные для объектов энергетики. Общие технические условия.
2. Кувшинов, А. А. Методика испытания и измерения электродвигателей переменного тока [Текст] / Кувшинов А. А., Гусаров А. А. // Энергетика: состояние, проблемы, перспективы : тр. VIII Всерос. науч.-техн. конф., 25-27 окт. 2016 г., Оренбург. - Оренбург : Агенство Пресса, 2016. - . - С. 192-193.

АНАЛИЗ АВАРИЙНОСТИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

**Донских А.В., Горшенина Е.Л., канд. тех. наук, доцент,
Савченкова Е.Э.**

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

Под термином «сложная техническая система» (далее – СТС) принято принимать техническую система (объект), представляющая собой совокупность взаимодействующих, функционально самостоятельных подсистем, предназначенных для достижения общей (конкретной) цели, в том числе технических устройств с измерительными функциями[1]. Иначе можно сказать, что под СТС понимается объект, предназначенный для выполнения определенных функций, который может быть разделен на менее крупные элементы (компоненты), каждый из которых также выполняет только ему свойственные и определённые функции, и в процессе работы находится во взаимодействии с другими элементами системы.

Необходимо отметить, что СТС создаются человеком в результате умственного труда и возможностей, определенных технологическим прогрессом.

В настоящее время к СТС принято относить устройства, имеющие как групповые технические и технологические признаки (радиоэлектронные системы (устройства, предназначенные для преобразования информации и её передачи), различные транспортные средства (наземный, воздушный, водный транспорт, средства космического назначения), энергетическое оборудование (котельное, турбинное оборудование, оборудование для получения, передачи, трансформации и приема электрической энергии), так и индивидуальные признаки (промысловые нефтепроводы, объекты магистрального трубопроводного транспорта, системы электроснабжения единичных объектов без выхода в общую сеть).

В целом, можно определить четыре основных признака СТС:

Установлен приоритет в единстве цели работы СТС, способствующий выработке оптимальных выходов из имеющихся множества входов. Оптимальность выходов оценивается по заранее разработанному критерию эффективности;

Работа СТС подразумевает выполнение большого количества различных функций, выполняемых множеством входящих в систему частей или элементов;

СТС определен сложностью функционирования, т.е. при изменении одной переменной для получения определенного конечного результата система изменяет множество других переменных;

СТС в высокой степени оснащен автоматизацией.

Для начала попробуем определиться с самим термином «аварийность».

В соответствии с толковым словарем словообразовательных единиц русского языка, под «аварийностью» принимают наличие, возможность аварии.

Сам термин «авария» имеет много значений в зависимости от сферы деятельности.

В соответствии с п.3.1.3 [2] «авария - опасное техногенное происшествие, создающее на объекте, определенной территории или акватории угрозу жизни и здоровью людей и приводящее к разрушению зданий, сооружений, оборудования и транспортных средств, нарушению производственного или транспортного процесса, а также к нанесению ущерба окружающей природной среде».

Согласно ст. 1 [3] к авариям относятся разрушения сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемые взрыв и (или) выброс опасных веществ.

Если рассмотреть термин «авария» в разрезе п. 2 [4], то под аварией понимают технологические нарушения на объекте электроэнергетики и (или) энергопринимающей установке. Кроме этого, п. 4 и п. 5 [4] определяет причины аварий в электроэнергетике.

Поэтому в контексте данной работы определим «аварийность» как совокупность всех технологических нарушений, связанных с ограничением получения конечного продукта (услуги) или полным отключением (за исключением остановов на запланированное обслуживание и ремонт).

Само такое явление как «аварийность» напрямую связано с понятием «надежность». Т.е. чем выше надежность СТС, тем меньше вероятность появления различных аварийных ситуаций. Вот такая некая обратная зависимость.

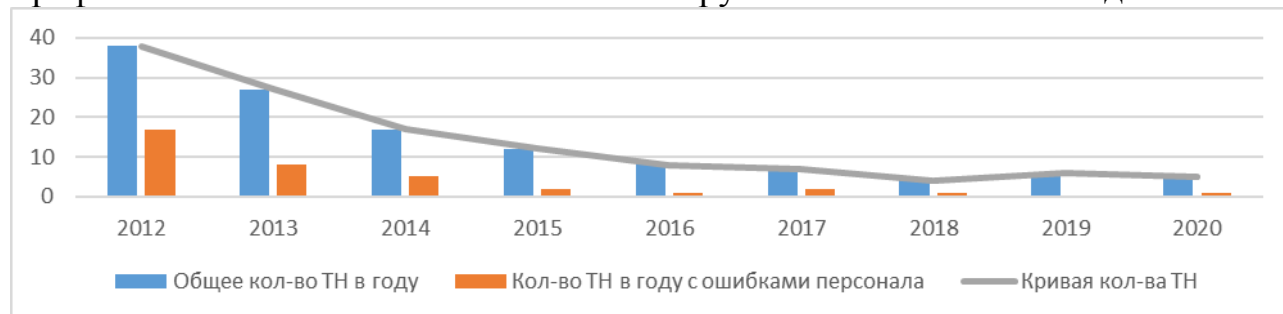
Рассмотрим аварийность на примере СТС филиала «Уренгойская ГРЭС» АО «Интер РАО – Электрогенерация», входящей в состав парогазового блока мощностью 498 МВт и состоящей из следующего оборудования:

- две газовые турбины ГТЭ-160/SGT5-2000Е общей мощностью 328 МВт;
- паровая конденсационная турбина К-160-7,5 мощностью 170 МВт;
- два котла - утилизатора Е-229/50,2-7,85/0,59-507/227;
- система передачи электроэнергии ВЛ 220 кВ (6 цепей).

Срок эксплуатации оборудования согласно паспортных данных заводов изготовителей составляет 40 лет до замены оборудования.

Данные по количеству технологических нарушений за 2012-2020 годы, в т.ч. связанных с ошибочными действиями персонала, приведены в графике 1.

График 1. Количество технологических нарушений за 2012-2020 годы



Как видно, наибольшее количество технологических нарушений произошло в 2012 году. И это с учетом того, что оборудование парогазового блока запущено в работу 9 ноября 2012. Исходя из этого можно сделать вывод, что большое количество аварий (технологических нарушений) в начале эксплуатационного цикла СТС, в том числе связанных с ошибками персонала, связано с недостатками в проектной документации, ошибками при монтаже оборудования, упущениями при подготовке персонала и его неготовностью к действиям в различных ситуациях, не определенных нормативными документами.

Далее с каждым годом фиксируется снижения количества аварий, что можно связать с устранением дефектов, допущенных при строительстве и монтаже оборудования, с подготовкой персонала на действующем оборудовании с учётом реальных условий.

Ещё одной составляющей снижения ошибок оперативного персонала послужила установка компьютерного класса с учетом существующего оборудования, на котором есть возможность моделировать различные вводные работы оборудования.

Данное решение вопроса аварийности по вине обслуживающего персонала послужило реакцией на некоторые технологические нарушения, произошедшие вследствие такого стечения обстоятельств, которое невозможно было при нормальной работе оборудования.

Поскольку цикл работы парогазовой установки не завершен, то можно сделать некоторый вывод о количестве аварий на протяжении эксплуатационного цикла оборудования.

Как мы видим, начало эксплуатации сопровождается всплеском аварий, затем их количество постепенно снижается до величин, которые можно охарактеризовать как количеством погрешностей. При подходе оборудования к окончанию эксплуатации возможен рост аварий, связанных с выработкой эксплуатационного ресурса оборудования, усталостью материалов. Данный рост можно отсрочить путем проведения качественных планово-предупредительных ремонтов, ограничения работы оборудования на предельных режимах.

В настоящее время существует достаточно большое разнообразие литературы по теории надежности, в которых теоретический материал дополняется примерами решения задач и примерами анализа надежности, в том числе количественной оценки надежности и риска технических систем. Поэтому я не буду затрагивать эту довольно скрупулезно изученную тему.

Человеческая ошибка может встречаться на каждом этапе деятельности организации, причем важность или критичность этих ошибок будет зависеть от таких фактов, как особенности технологических процессов и используемых материалов и оборудования, контингента подверженных данным опасным факторам людей и т.п.

На рисунке 1 приведены несколько примеров человеческой ошибки на разных этапах взаимодействия систем «человек-машина».

Ошибки проектирования	Обусловлены неудовлетворительным качеством проектирования, недостаточно глубоким анализом причинно-следственных связей
Операторские ошибки	Возникают при неправильном выполнении персоналом установленных процедур, отклонении от заданной последовательности выполнения заданной работы
Ошибки контроля	Связаны с ошибочным принятием, как угодно, элемента или устройства, характеристики которого выходят за пределы допусков
Ошибки обращения	Возникают вследствие неудовлетворительного хранения изделий или их транспортировки
Ошибки организации рабочего места	Теснота рабочего помещения, повышенный шум, температура, недостаточная освещенность
Ошибки изготовления	Имеет место на этапе производства вследствие: - неудовлетворительного качества работы, - неправильного выбора материала, - изготовление изделия с отклонениями от конструкторской документации
Ошибки технологического обслуживания	Возникают в процессе эксплуатации: - некачественный ремонт, - некачественный монтаж, - неудовлетворительное оснащение инструментами и приспособлениями

Рисунок 1 - Примеры человеческой ошибки на разных этапах взаимодействия систем «человек-машина»

Ошибки возникают ввиду различных факторов, однако основные ведущие к ошибкам психические процессы одинаковы, что позволяет определенным образом классифицировать человеческую ошибку. Понимание различных видов ошибки крайне важно для разработки эффективных методов их предотвращения и стратегии уменьшения их последствий. Для более полного контроля различных видов ошибок следует комбинировать всевозможные доступные в организации инструменты.

Ошибка может быть допущена на этапе планирования или выполнения задания, причём в данной модели план может быть верным или неверным, а действие осознанным или неосознанным

Рассмотрим пример. Работник выполнил свою работу за один день и его желаемый результат этого действия – попасть в жилой блок и отдохнуть в своей комнате. Он знает, что обычный путь сегодня недоступен, там ведутся работы и стоит ограждение, поэтому он планирует пройти по другому маршруту.

С точки зрения человеческой ошибки существует три возможных сценария во время осуществления этого плана:

Результат 1. Альтернативный маршрут действительно ведет к жилому блоку (верный план) и он идет по нему, попадая куда ему нужно (осознанное действие).

Результат 2. К жилому блоку можно легко попасть по новому маршруту (верный план) и он начинает движение. Однако, задумавшись, он сбивается с альтернативного на старый маршрут (неосознанное действие) и доходит до ограждения; ему приходится вернуться назад.

Результат 3. Его новый альтернативный план не ведет к жилому блоку (неверный план), но он идет по этому маршруту (осознанное действие), пока не доходит до склада, откуда ему приходится искать другой путь к жилому блоку.

Каждый тип человеческой ошибки в свою очередь можно разбить на категории и подкатегории.

Деятельные или неосознанные ошибки относят к ошибкам на основе навыков (рисунок 2). Этот тип подразделяем на ошибки действия и ошибки памяти. Ошибки планирования называют оплошностями и подразделяют на ошибки на основе правил и на основе знаний.

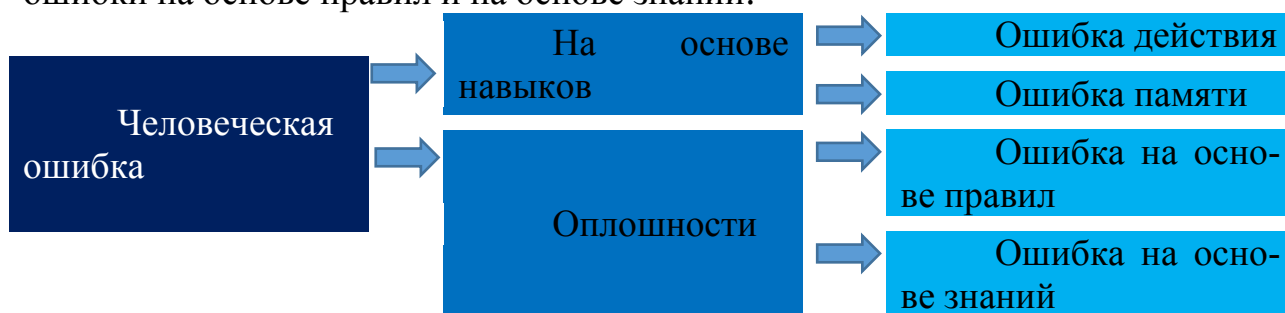


Рисунок 2 – Ошибки на основе памяти

Чаще всего ошибки на основе навыков возникают при выполнении рутинных заданий, когда внимание не сконцентрировано на работе и человек отвлекается на другие мысли или внешние факторы. Работник при этом обычно обладает необходимыми знаниями, навыками и опытом и скорее всего неоднократно ранее выполнял такое задание.

Такому типу ошибок подвержены даже наиболее опытные и знающие работники. По мере привыкания к заданию и утраты новизны, появляется возможность выполнить работу с меньшей концентрацией – чем более знакомо задание, тем проще человеку отвлечься от него. Поэтому работники с большим опытом более подвержены такому виду ошибок по сравнению с менее опытными работниками. Это также означает, что повторное обучение и дисциплинарные меры не являются оптимальными инструментами контроля таких ошибок.

Ошибка памяти возникает после появления оформленного плана и до его исполнения в период, когда план хранится в памяти. Здесь подразумевается, что работник забывает выполнить действие, пропускает действие в последовательности или совершенно забывает весь план.

Ошибка действия является неосознанным действием. Возникает она во время выполнения задания и подразумевает осуществление действия «на авто-

пилоте», пропускания или изменения последовательности действий, выполнение верного действия в отношении неверного объекта или выполнение неверного действия в отношении верного объекта. К типичным примерам ошибки действия можно отнести невыполнение одного шага в пошаговой последовательности действий, нажатие неправильной кнопки или рычага, открывание крана вместо его закрытия, изменение цифр местами при копировании информации (например, 0,23 вместо 0,32) и т.п.

Количество ошибок памяти и действия можно сократить посредством адекватного планирования рабочего места, наличия системы предотвращения усталости, использования чек-листов для перепроверки результатов, устранения внешних отвлекающих факторов и эффективного надзора за работником.

Оплошности – это недочеты в планировании, когда план должен способствовать достижению желаемого результата, но является неверным (неадекватным) ввиду недостатка опыта или информации. Оплошности могут основываться на правилах или знаниях, поэтому оплошностям больше подвержены люди с меньшим опытом работы и знаниями. Оплошности не допускаются намеренно, поэтому дисциплинарные меры не являются оптимальными инструментами контроля таких ошибок.

Оплошности на основе знаний часто называют «путем проб и ошибок». В таких случаях недостаточное знание о задании приводит к выработке ложного решения, от которого ожидают верного результата.

Оплошности на основе правил подразумевают ситуацию, когда применение или неприменение определенного правила приводит к нежелательному результату.

Оплошностей можно избежать посредством внедрения эффективных программ развития компетентности, обучения и создания доверительного климата в коллективе, когда работники не боятся и не стесняются делать друг другу замечания просить совета.

Некоторые правила, приемлемые в одной ситуации, не могут применяться в других обстоятельствах. Неверное применение правила возможно, если правило работало в предыдущих случаях, и работник пытается сделать то же самое в похожей ситуации, несправедливо ожидая положительного результата.

Иногда правила являются изначально неверными или неадекватными, и их выполнение приводит к нежелательному результату. Правила (исходное задание) может быть составлено неверным образом ввиду недостаточности или недостоверности знаний (т.е. ошибки на основе знаний), либо верное правило может стать неадекватным ввиду каких-либо неучтенных изменений.

Неисполнение верного правила называют нарушением. Как правило, допускаются вполне осознанно, например, для упрощения и ускорения работы.

Нарушения считают человеческой ошибкой только в случае, если такое действие приводит к нежелательному результату. Если нарушение изначально задумывалось с целью саботажа или причинения вреда – оно достигает поставленной цели (негативный результат является желаемым). Такие события к че-

ловеческой ошибке не относят и, по завершении расследования, следует прибегнуть к дисциплинарным мерам в качестве инструмента контроля.

К разряду человеческой ошибки относят три вида нарушений: рутинные, ситуационные и исключительные.

Рутинным нарушением называют действия работника, вошедшие в привычку и допускаемые большинством членов коллектива (например – в офисе запрещено пользование пожарной лестницей, однако в ходе рабочего времени этой лестницей многие пользуются).

Ситуационные нарушения, как подсказывает название, допускаются в ответ на некоторые ситуации, например – чрезвычайно сжатые сроки, неправильная планировка рабочего места, неадекватное или неподходящее оборудование. Попад в необычную или неожиданную ситуацию, работники могут подумать, что обычные правила перестают действовать или становятся небезопасными, либо что следование им не приведет к желаемому результату – поэтому они решают нарушить такое правило. Такие нарушения допускаются редко, хотя, если ситуацию не исправить, со временем ситуационное нарушение может перейти в категорию рутинного.

Исключительное нарушение возникает еще реже и только в экстренной или аварийной ситуации. Исключительное нарушение допускается в ответ на негативное развитие событий, когда по мнению работника выполнение обычного правила не сможет скорректировать ситуацию и персонал намеренно нарушает правило для достижения результата, например, вход в горящее здание для спасения человека.

Количество нарушений можно снизить посредством информирования работника о рисках и их последствиях, объяснения не только последовательности действий при выполнении задания, но и почему необходимы именно такие действия (не только что, но и почему нужно делать именно так), своевременного изменения процедур на основании обратной связи с работниками и активного взаимодействия работников в разработке правил и процедур.

Чем же можно попытаться снизить вероятность возникновения такой ошибки? В большинстве случаев краеугольным камнем снижения вероятности ошибок человека является грамотно построенная работа с персоналом.

В настоящее время в электроэнергетике действует одна из наиболее эффективных систем управления подготовки персоналом.

В электроэнергетике согласно [6] с персоналом установлены следующие виды работы: прохождение обязательных медицинских осмотров, проведение инструктажей по охране труда и по пожарной безопасности, стажировка, проверка знаний, дублирование, противоаварийная и противопожарная тренировка, допуск к самостоятельной работе, спецподготовка, повышение квалификации (с отрывом от производства или без отрыва), самоподготовка.

Однако вышеперечисленные мероприятия в большей степени распространяются на персонал, занятый только непосредственным управлением СТС. Кроме подобного персонала, существует административный персонал,

действия которого зачастую не так очевидны при расследовании различных технологических аварий.

В обязанности административного персонала можно включить необходимость разработки нормативных документов по управлению СТС (инструкции, методики, регламенты), организация и контроль проведения технического обслуживания СТС (система планово-предупредительных ремонтов), установление соответствующих условий и режимов труда. Не стоит упускать такую важную составляющую безопасности работы как отношения в трудовом коллективе.

Исходя из вышесказанного, можно сделать следующий вывод: обучение – это вид активной работы с персоналом, направленной на развитие знаний, умения, навыков и установок, необходимых для адекватного выполнения рабочего задания или работы. Обучение достаточно часто используется, если желаемый результат = это не только получение новой информации, но и применение полученных знаний на практике. Результатом эффективного обучения можно назвать компетентность.

Работника можно назвать компетентным, если он прошёл соответствующее обучение, обладает опытом, знаниями и другими качествами, позволяющими ему оказывать работодателю содействие в выполнении нормативных требований. Очевидно, что компетентность складывается не только из сочетания знаний, образования, практических навыков и опыта, но также включает в себя природные способности и склонности человека, физическую и психологическую готовность к определенной работе. Не менее важным требованием является осознание человеком предела своих возможностей, что может предотвратить различные ошибки и чрезмерную самоуверенность.

Как видно, залогом снижения вероятности ошибки работника можно определить следующее требования:

Опытные, компетентные и обученные работники

Хорошо мотивированные работники

Избежание монотонной работы

Регулярные перерывы для предотвращения усталости

Хороший обмен информацией

Ясные инструкции

Хорошие рабочие условия

Компетентное руководство

Политика запрета в отношении алкоголя и наркотиков

Мы все прекрасно знакомы с таким выражением, как «все правила безопасности пишутся кровью», поэтому эффективной работы системы необходимо выполнять условия предписанных правил в полном объеме.

Список литературы

1 ГОСТ 22.2.04-2012 Межгосударственный стандарт. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные аварии и катастрофы метрологическое

обеспечение контроля состояния сложных технических систем. Основные положения и правила.

2 ГОСТ 22.0.05-97 Межгосударственный стандарт. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Техногенные чрезвычайные ситуации. Термины и определения (аутентичен ГОСТ Р 22.0.05-94).

3Ефремова Т.Ф. Толковый словарь словообразовательных единиц русского языка. Ок. 1900 словообразовательных единиц. Т. Ф. Ефремова. - 2-е изд., испр. - М. : Астрель : АСТ, 2005 (Тип. изд-ва Самар. Дом печати). - 636, [2] с.; 21 см.; ISBN 5-17-029963-X (АСТ).

4 Федеральный закон от 21.07.1997 №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».

5 Правила расследования причин аварий в электроэнергетике. Утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 28.10.2009 №846 «Об утверждении Правил расследования причин аварий в электроэнергетике».

6 Правила работы с персоналом в организациях электроэнергетики. Утверждены приказом министерства топлива и энергетики Российской Федерации от 19.02.2000 №49.

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ РАЗВИТИЯ КАФЕДРЫ ВУЗА В НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Ерунов В.П., канд. техн. наук, доцент

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Оренбургский государственный университет»

Контроль качества работы преподавателей является одной из наиболее сложных и важных задач в общей проблеме управления качеством подготовки выпускников. Общая оценка работы преподавателя осуществляется по результатам отчета за учебный год по индивидуальному плану преподавателя. Оценка деятельности преподавателя производится по разделам индивидуального плана с учетом качества выполнения работы и осуществляется с использованием рейтинговой системы оценки. Расчет рейтинга преподавателя осуществляется по изложенной в [1] методике. По результатам расчета рейтинга проводится анализ, основными задачами которого являются:

создание информационной базы, позволяющей анализировать плановые виды деятельности преподавателей и кафедр;

разработка рекомендаций по повышению эффективности этих видов деятельности.

Работа преподавателя регламентирована индивидуальным планом работы преподавателя, который содержит следующие виды работ: учебную, учебно-методическую, научно-методическую, научно-исследовательскую, организационно-методическую и внеучебную. Индивидуальный план работы преподавателя формируется на основе плана работы кафедры, который, в свою очередь, формируется в соответствии с планом работы факультета, а факультетский план работы разрабатывается в соответствии со стратегическими планами вуза. Исходя из утвержденного вузу штата и с учетом необходимости выполнения профессорско-преподавательским составом всех видов работ в пределах шестичасового рабочего дня, ученый совет вуза устанавливает объем учебной нагрузки преподавателю, а объемы учебно-методической, научно-методической, научно-исследовательской, организационно-методической и внеучебной работы в индивидуальном плане работы преподавателя определяет заведующий кафедрой индивидуально с учетом общего объема работы и наибольшей целесообразности использования того или иного преподавателя на отдельных видах плановой работы кафедры.

Для осуществления интегральной оценки деятельности преподавателей кафедры за отчетный период осуществляют постоянный мониторинг рейтинга каждого преподавателя по итогам выполнения индивидуального плана за учебный год. Для расчета рейтингового показателя деятельности преподавателя целесообразно использовать утвержденные отчетные документы: «Ведомость учета выполнения учебной работы профессорско-преподавательским составом кафедры за учебный год» и «Ведомость учета выполнения учебно-

методической работы профессорско-преподавательским составом кафедры за учебный год» и нормы времени, действующие в вузе[1].

Рейтинговый показатель участия i -того преподавателя в работе j -той кафедры определяют по выражению

$$R_{пji} = k_y \cdot K_{уч.yji} + k_m \cdot K_{уч.mji}, \quad (1)$$

где k_y – коэффициент весомости учебной работы (величину коэффициента устанавливает ученый совет вуза;

k_m – коэффициент весомости методической работы (величину коэффициента устанавливает ученый совет вуза так, чтобы $k_y + k_m = 1$);

$K_{уч.yji}$ – коэффициент участия i -того преподавателя в учебной работе j -той кафедры;

$K_{уч.mji}$ – коэффициент участия i -того преподавателя в методической работе j -той кафедры.

Для оценки степени участия преподавателя в выполнении учебной работы используют коэффициент участия преподавателя в учебной работе кафедры ($K_{учji}$), определяемый по выражению

$$K_{учji} = \frac{УР_{пji}^*}{УН_{п.срj}^* \cdot k_{сji}}, \quad (2)$$

где

$$\begin{aligned} УР_{пji}^* = & a \cdot ЛК_{ji} + b \cdot ПЗ_{ji} + c \cdot ЛБ_{ji} + d \cdot КН_{ji} + e \cdot ТК_{ji} + f \cdot ЗЧ_{ji} + \\ & + g \cdot КП_{ji} + h \cdot КР_{ji} + k \cdot ДЗ_{ji} + m \cdot ИК_{ji} + r \cdot ИГ_{ji} + s \cdot ПР_{ji} + \\ & + t \cdot ДП_{ji} + u \cdot АС_{ji} + v \cdot РК_{ji} + w \cdot ВЭ_{ji} + x \cdot ПК_{ji} + y \cdot ЗД_{ji} + \\ & + z \cdot ОП_{ji} \end{aligned}$$

– приведенная учебная работа, выполненная i -тым

$a, b, c, d, e, f, g, h, k, m, r, s, t, u, v, w, x, y$ – коэффициенты напряженности труда соответствующих видов учебной работы;

$ЛК_{ji}, ПЗ_{ji}, ЛБ_{ji}, КН_{ji}, ТК_{ji}, ЗЧ_{ji}, КП_{ji}, КР_{ji}, ДЗ_{ji}, ИК_{ji}, ИГ_{ji}, ПР_{ji},$

$ДП_{ji}, АС_{ji}, РК_{ji}, ВЭ_{ji}, ПК_{ji}, ЗД_{ji}, ОП_{ji}$ – количество часов соответствующих видов учебной работы, выполненной i -тым преподавателем j -той кафедры в учебном году;

$$УН_{п.срj}^* = \frac{УР_{пj}^*}{N_{пji}} \text{ – средняя приведенная учебная нагрузка преподавателю } j\text{-той кафедры;}$$

$$\begin{aligned} \text{УР}_{\text{п}j}^* = & a \cdot \text{ЛК}_j + b \cdot \text{ПЗ}_j + c \cdot \text{ЛБ}_j + d \cdot \text{КН}_j + e \cdot \text{ТК}_j + f \cdot \text{ЗЧ}_j + \\ & + g \cdot \text{КП}_j + h \cdot \text{КР}_j + k \cdot \text{ДЗ}_j + m \cdot \text{ИК}_j + r \cdot \text{ИГ}_j + s \cdot \text{ПР}_j + \\ & + t \cdot \text{ДП}_j + u \cdot \text{АС}_j + v \cdot \text{РК}_j + w \cdot \text{ВЭ}_j + x \cdot \text{ПК}_j + y \cdot \text{ЗД}_j + \\ & + z \cdot \text{ОП}_j \end{aligned}$$

– приведенный объем учебной работы, выполненный j-той кафедрой в учебном году;

$\text{ЛК}_j, \text{ПЗ}_j, \text{ЛБ}_j, \text{КН}_j, \text{ТК}_j, \text{ЗЧ}_j, \text{КП}_j, \text{КР}_j, \text{ДЗ}_j, \text{ИК}_j, \text{ИГ}_j, \text{ПР}_j, \text{ДП}_j, \text{АС}_j, \text{РК}_j, \text{ВЭ}_j, \text{ПК}_j, \text{ЗД}_j, \text{ОП}_j$ – общее число часов по соответствующим видам учебной работы, выполненной j-той кафедрой в учебном году (без учета почасового фонда), а именно: по лекциям, практическим и семинарским занятиям, лабораторным занятиям, текущим консультациям, текущему контролю, зачету, курсовому проекту, курсовой работе, другим индивидуальным заданиям, итоговому контролю, итоговому экзамену, руководству практикой, руководству дипломным проектированием, руководству аспирантами, руководству кафедрой, приему вступительных экзаменов в вуз (если это практикуется), приему вступительных экзаменов в аспирантуру, приему защит диссертаций, оппонирование диссертаций;

$N_{\text{шт.к}j}$ – количество штатных единиц профессорско-преподавательского состава j-той кафедры;

$K_{сji}$ – годовая нагрузка i-того преподавателя j-той кафедры в ставках.

$K_{\text{уч.м}ji}$ – коэффициент участия i-того преподавателя в методической работе j-той кафедры: учебно-методической (УМР), научно-методической (НМР), научно-исследовательской (НИР), организационно-методической (ОМР) и внеучебной (ВУР), определяемый по выражению,

$$K_{\text{уч.м}ji} = \frac{K_{\text{ум}} \cdot \text{УМР}_{ji} + K_{\text{нм}} \cdot \text{НМР}_{ji} + K_{\text{ни}} \cdot \text{НИР}_{ji} + K_{\text{ом}} \cdot \text{ОМР}_{ji} + K_{\text{ву}} \cdot \text{ВУР}_{ji}}{6 \cdot K_{сji} \cdot \text{РД} - \text{УН}_{ji}},$$

(3)

где $\text{УМР}_{ji}, \text{НМР}_{ji}, \text{НИР}_{ji}, \text{ОМР}_{ji}, \text{ВУР}_{ji}$ – число часов, реально затраченных i-тым преподавателем j-той кафедры в учебном году на выполнение учебно-методической, научно-методической, научно-исследовательской, организационно-методической и внеучебной работ, внесенных в индивидуальный план работы преподавателя в соответствии с примерными нормами времени для расчета второй половины рабочего дня профессорско-преподавательского состава;

РД – число рабочих дней в году для преподавателя;

$$\text{УН}_{ji} = \text{ЛК}_{ji} + \text{ПЗ}_{ji} + \text{ЛБ}_{ji} + \text{КН}_{ji} + \text{ТК}_{ji} + \text{ЗЧ}_{ji} + \text{КП}_{ji} + \text{КР}_{ji} +$$

$$+ \text{ДЗ}_{ji} + \text{ИК}_{ji} + \text{ИГ}_{ji} + \text{ПР}_{ji} + \text{ДП}_{ji} + \text{АС}_{ji} + \text{РК}_{ji} + \text{ВЭ}_{ji}$$

$$+ \text{ПК}_{ji} + \text{ЗД}_{ji} + \text{ОП}_{ji} \quad \text{– реальная учебная нагрузка i-го преподавателя j-той кафедры в учебном году}$$

$K_{ум}, K_{нм}, K_{ни}, K_{ом}, K_{ву}$ — коэффициенты напряженности труда соответствующих видов плановой работы преподавателя: учебно-методической, научно-методической, научно-исследовательской, организационно-методической и внеучебной, их величину устанавливает ученый совет вуза так, чтобы: $K_{ум} + K_{нм} + K_{ни} + K_{ом} + K_{ву} = 5$.

Из выражения (3) выделим показатель определяющий выполнение научно-исследовательской и научно-методической работы i -тым преподавателем j -той кафедры

$$R_{нир\ ji} = \frac{K_{нм} \cdot НМР_{ji} + K_{ни} \cdot НИР_{ji}}{6 \cdot K_{с\ ji} \cdot РД - УН_{ji}}. \quad (4)$$

Конечным результатом этой работы является получение аналитического описания и графической интерпретации временного ряда исходных данных (рейтинга преподавателя по научной работе ($R_{нир\ ji}$)) и оценка творческого потенциала кафедры ($R_{нир}^k$) в выполнении научно-методической и научно-исследовательской работы. С помощью статистических методов осуществляют аналитическую обработку исходных данных с построением тренда исследуемой зависимости [1]. На рисунке представлены данные по одной из кафедр вуза в виде функциональной зависимости $R_{нир}^k = f(t)$, то есть зависимость творческого научного потенциала преподавателей кафедры от их возраста. Средний возраст преподавателей рассматриваемой кафедры на момент исследования составлял 50 лет. По параболическому тренду видно, что при сохранении интенсивности работы преподавателей показатель по научно-исследовательской работе кафедры в ближайшие пять лет будет расти, а затем будет уменьшаться, то есть в настоящий момент и в ближайшем будущем кафедра имеет устойчивое развитие в научной деятельности. Наличие такой информации о кафедре позволит повысить эффективность кадровой политики кафедры и вуза путем своевременного решения кадрового вопроса.

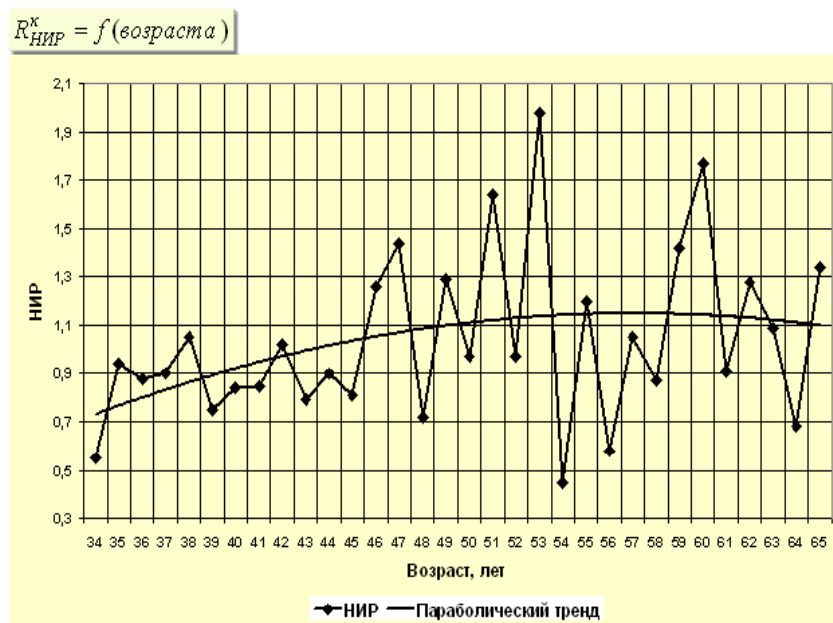


Рисунок – Оценка устойчивости развития кафедры в научной деятельности

Список литературы

1. Ерунов, В.П. Квалиметрическая основа система качества вуза [Текст]: монография / В.П. Ерунов; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. Агенство по образованию, гос. образов. учреждение высш. проф. образования «Оренбург. гос. ун-т». – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009. – 314 с.: ил. - Библиогр.: с.178-183. – Прил.: с.184-313. – ISBN 978-57410-1005-1.

К ВОПРОСУ ПЛАНИРОВАНИЯ И НОРМИРОВАНИЯ ТРУДА ПРЕПОДАВАТЕЛЯ ВУЗА

Ерунов В.П., канд.техн. наук, доцент

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Оренбургский государственный университет»

Совершенствование организации учебного процесса в вузе немислимо без правильной постановки нормирования и оплаты труда работников высшей школы. Нормирование учебной нагрузки является исходной основой организации оплаты труда и планирования средств на заработную плату профессорско-преподавательского состава, оно служит базой для планирования штата преподавателей вуза. Специфика трудовой деятельности научно-педагогических работников, как преимущественно работников творческого умственного труда, накладывает свой отпечаток на методику и порядок установления и расчета норм трудовых затрат в высшей школе. Высшая школа накопила определенный опыт в теории и практике нормирования научно-педагогического труда, который был использован при формировании норм времени, приведенных в [1].

Управление системой высшего образования направлено не только на подготовку и воспитание выпускников, но и на рациональное использование ресурсов этой отрасли. Такая постановка проблемы особенно актуальна в современных условиях, отличающихся скудным бюджетным финансированием высшей школы, вынуждающим вузы изыскивать внутренние резервы, минимизировать свои расходы при одновременном стремлении обеспечить требуемое качество подготовки выпускников и сохранить высококвалифицированный состав высшей школы. При этом особое значение имеет проблема организации труда и планового регулирования численности профессорско-преподавательского состава (ППС) вуза, так как ППС играет исключительную роль в системе высшего образования. Поэтому разработка системы норм и нормативов, охватывающей учебную деятельность ППС вуза является важной задачей совершенствования планирования и управления в системе высшего образования. Решающим фактором, определяющим необходимость правильной дифференциации штатных нормативов численности ППС, является трудоемкость учебной работы, которая характеризует затраты преподавательского труда непосредственно в учебном процессе. Именно трудоемкость учебного процесса должна стать базовой основой планового регулирования численности преподавателей, которая обеспечила бы вузам равные условия для осуществления всех основных видов деятельности их научно-педагогических коллективов. Такой подход является важным условием совершенствования организации и повышения эффективности труда преподавателей вузов [2].

На практике организация труда ППС осуществляется в следующем порядке: руководство вуза устанавливает объем работы ППС исходя из утвержденного штата с учетом необходимости выполнения этим составом всей за-

планированной учебной работы. Но вопрос оптимального нормирования годовой учебной нагрузки преподавателя по-прежнему остается весьма острым и актуальным, а его решение предполагает установление ряда конкретных регламентаций и рекомендаций. Прежде всего потому, что именно на основе этого показателя рассчитываются штаты ППС по кафедрам.

При выполнении учебной работы, предусмотренной учебными планами по специальностям и направлениям подготовки, при одинаковой средней учебной нагрузке на преподавателя будем иметь различающиеся штатные нормативы по различным специальностям и направлениям подготовки. То есть, принятая в настоящее время методика определения норматива плановой численности ППС учитывает форму получения образования, но не учитывает специфики отдельных специальностей и направлений подготовки, что неизбежно ставит кафедры вуза в неравные условия по отношению к действительным затратам преподавательского труда, так как трудоемкость подготовки выпускника в учебных часах по разным специальностям и направлениям подготовки неодинаковая: по техническим специальностям она больше, по экономическим и гуманитарным специальностям трудоемкость меньше, что ставит кафедры одного вуза в неравные условия по объему финансирования. Для устранения этого различия можно идти по пути установления для каждой специальности и направления подготовки своих штатных нормативов при произвольном формировании учебных планов и соответственно имеющих различную трудоемкость подготовки выпускника или по пути установления единых штатных нормативов для всех специальностей и направлений вуза с использованием единой методологии формирования учебных планов, обеспечивающей планирование одинаковой трудоемкости подготовки выпускников по разным специальностям и направлениям подготовки.

Преимущества использования единых штатных нормативов для всех структурных учебных подразделений вуза в части планирования, организации, учета и контроля преподавательского труда очевидны, и это необходимо учитывать при формировании учебного плана по специальности или направлению подготовки и установления контрольных цифр набора студентов на первый курс. Основными факторами, определяющими трудоемкость учебного процесса и, следовательно, влияющими на величину штатного норматива ППС, является состав и структура учебного плана по специальности или направлению подготовки, так как в учебном плане, в сущности, заложена величина учебной нагрузки и её структура. Различия в структуре учебных планов порождают разнонаправленные тенденции в трудоемкости учебного процесса. Так, при увеличении удельного веса таких видов учебных занятий, как лабораторные занятия или практические занятия с подгруппами, при прочих равных условиях, повышает трудоемкость учебного процесса. В том же направлении действует рост продолжительности учебной практики, количества курсовых работ и проектов, то есть тех видов учебных занятий, затраты времени на которые определяются производением норм времени на количество студентов или студенческих подгрупп. Иные тенденции наблюдаются при изменении доли лекций в учебной

нагрузке – чем выше доля лекционных часов в учебном плане при прочих равных условиях, тем меньше абсолютная величина годового объема учебной работы и, следовательно, относительно меньшее число преподавателей требуется для её выполнения. Регулирование штатов ППС на основе трудоемкости учебного процесса требует необходимости учета факторов, которые влияют на суммарный годовой объем учебной работы в каждом учебном плане, а соответственно и в вузе, и поэтому должны найти отражение в абсолютных или относительных величинах штатных нормативов и нормативных коэффициентов.

Рассмотрим путь, предполагающий установление единых для всех специальностей и направлений подготовки штатных нормативов ППС и формирование таких учебных планов, которые соответствовали бы ФГОС и заданной вузом трудоемкости подготовки выпускников в учебных часах. Для достижения этого необходимо в учебных планах в определенном соотношении распределить аудиторную и самостоятельную работу студентов, установить определенную долю учебной работы на проведение контроля полученных студентами знаний, на проверку и оценку индивидуальных заданий, то есть ввести нормативные коэффициенты (a,b,c,p,g), а также соответствующим образом планировать численность набора студентов на первый курс по специальностям и направлениям подготовки. Это можно осуществить с помощью описанной в работе [3] методики формирования и расчета учебной работы,

где a, b, c – нормативные коэффициенты, определяющие соотношение числа часов самостоятельной подготовки студента по соответствующим видам учебных занятий к числу аудиторных часов этих видов учебных занятий;

g – нормативный коэффициент, определяющий число часов на консультации по индивидуальным заданиям и их защиту;

p – нормативный коэффициент, определяющий часть общего числа часов по дисциплине, которые отводятся на текущие консультации, на итоговый контроль в виде зачета по дисциплине и текущий контроль, проводимые в течение семестра;

ОЧС - общее число часов, складывается из аудиторных групповых занятий и самостоятельной работы студента;

Вся учебная работа преподавателя разбивается на три составляющие: аудиторную работу (АР), индивидуальную работу (ИР) и другие виды учебной работы (ДВР). Порядок расчета количества часов по составляющим учебной работы преподавателя приведен в [3].

Учебная работа по j-тому учебному плану

$$УР_j = \sum_{i=1}^{n_d} (АР_{ji} + ИР_{ji} + ДВР_{ji}), \quad (1)$$

где $АР_{ji} + ИР_{ji} + ДВР_{ji}$ – учебная работа по i-той дисциплине j-го учебного плана;

n_d – количество дисциплин и видов учебной работы в учебном плане.

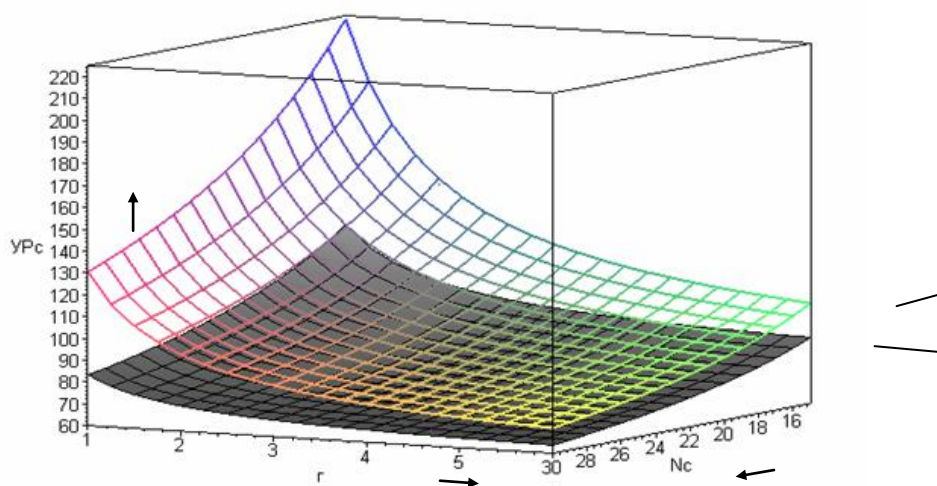
Среднегодовая учебная работа, приходящаяся на одного студента, по j-тому учебному плану

$$УР_{cj} = \frac{УР_j}{N_j \cdot T_{nj}}, \quad (2)$$

где N_j – контингент студентов, принятых на первый курс для обучения по j -тому учебному плану;

T_{nj} – нормативный период обучения по j -тому учебному плану.

На рисунке 1 приведены графики функциональной зависимости $УР_c$ от количества студентов в группе (N_r) для разного числа групп ($г$) на курсе, полученные для экономической специальности. Из рисунка 1 следует, что для обеспечения заданного штатного норматива ППС и выбранной величины учебной нагрузки на преподавателя, необходимо осуществлять вполне конкретный набор студентов на эту специальность.



1 – один поток

2 – четыре потока

Рисунок 1– Поверхности, отражающие зависимости учебной работы на одного студента от величины числа студентов в группе и числа групп для разного количества потоков

Для обеспечения соответствия трудоемкости подготовки специалистов объему финансирования или величине штатных нормативов ППС, устанавливаемых для каждого вуза Министерством образования и науки РФ, и соблюдения условия не превышения максимальной величины учебной нагрузки преподавателя (900 часов), проведены исследования влияния величины нормативных коэффициентов (a , b , c ,) на учебную работу преподавателя, приходящуюся на одного студента $УР_c$. Некоторые результаты исследований приведены в виде диаграмм на рисунках 2.

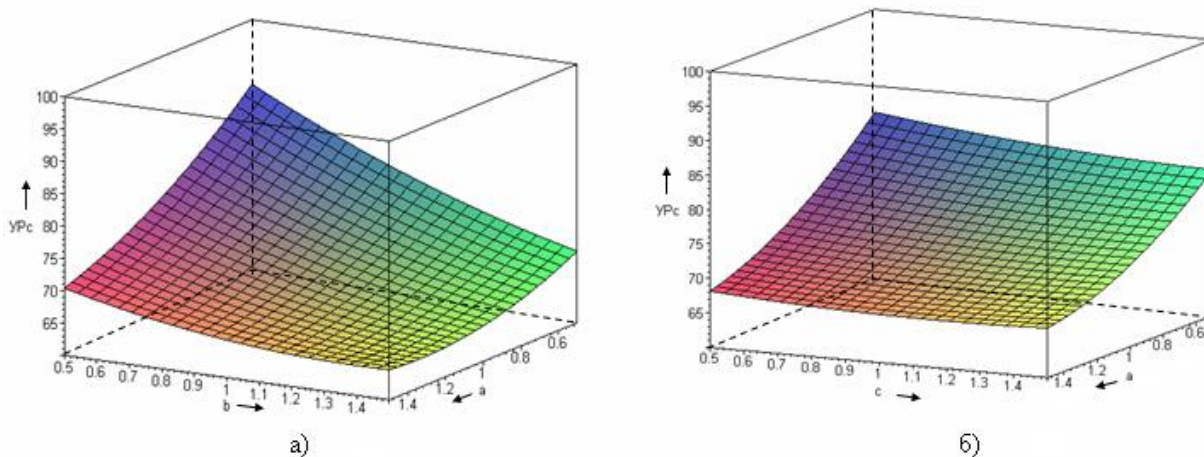


Рисунок 2 - Поверхности, отражающие зависимости учебной работы на одного студента от величин нормативных коэффициентов a, b, c

Результаты проведенных исследований позволяют сформулировать рекомендации по выбору величин нормативных коэффициентов (a, b, c, p, g), обеспечивающих заданную вузом трудоемкость подготовки выпускника в виде среднегодовой учебной работы преподавателя, приходящейся на одного студента. В качестве примера в таблице приведены некоторые рекомендации по выбору нормативных коэффициентов (a, b, c, p, g) для заданного или выбранного набора студентов (N, Γ, Π) по одной из экономических специальностей.

Таблица

Учебная работа на одного студента $УРС$, в часах	Нормативные коэффициенты						Структура набора студентов		
				p	g	Γ	N	Γ	Π
70	,2	,9	,5	,010	,05	5	2	2	1
	,2	,9	,5	,010	,125	5	2	3	1
	,2	,8	,5	,010	,075	5	2	4	2
80	,0	,0	,7	,0075	,05	5	2	1	1
	,0	,8	,7	,0125	,10	5	2	2	1
	,0	,7	,8	,015	,10	5	2	3	1
	,0	,8	,5	,015	,075	5	2	4	2

Все это позволит на стадии формирования учебного плана и планирования величины и структуры набора студентов по специальности и направлению

подготовки определить затраты учебного времени преподавателя на подготовку выпускника и привести их в соответствие с установленными для данной специальности или направления подготовки штатными нормативами ППС. Кроме того, с помощью этой методики можно рационально распределить самостоятельную работу студентов и отследить еще на стадии планирования учебного процесса реальную загруженность студентов учебной работой, не допуская их перегрузки индивидуальными заданиями. Такой подход к планированию учебного процесса целесообразно использовать при автоматизации процесса планирования и расчета учебной нагрузки и оптимизации затрат учебного времени преподавателя на подготовку выпускника.

В индивидуальную работу (ИР) входит вся учебная работа преподавателя со студентами в течение учебного семестра и зачетной недели, исключая аудиторские занятия, внесенные в расписание учебных занятий.

Количество часов индивидуальной работы преподавателя со студентами по каждой дисциплине

$$\text{ИР} = (p \cdot \text{ОЧС} + g \cdot \text{СР}_K) \cdot N_{Cj} + N_{\text{КП}} \cdot N_{Cj} \cdot N_{\text{КМ}}, \quad (3)$$

где СР_K – количество часов самостоятельной работы студента, отводимое на подготовку и прохождение текущего и итогового контроля знаний и выполнения индивидуальных заданий;

N_{Cj} – число студентов на курсе j -той специальности;

$N_{\text{КП}}$ – норма времени на прием защиты курсового проекта члену комиссии;

$N_{\text{КМ}}$ – число членов комиссии по приему защиты курсового проекта.

После расчета числа часов АР , ИР , ДВР по каждой дисциплине j -того учебного плана определяют общее число часов учебной работы по i -той дисциплине

$$\text{УР}_{ji} = \text{АР}_{ji} + \text{ИР}_{ji} + \text{ДВР}_{ji}, \quad (4)$$

где АР_{ji} , ИР_{ji} , ДВР_{ji} – число часов аудиторной работы, индивидуальной работы и других видов учебной работы по i -той дисциплине j -того учебного плана.

Учебная работа по j -тому учебному плану

$$\text{УР}_j = \sum_{i=1}^{n_{dj}} \text{УР}_{ji}, \quad (5)$$

где n_{dj} – число дисциплин j -того учебного плана.

Средняя расчетная учебная нагрузка, приходящаяся на одну штатную единицу преподавателя, определяется делением суммарной учебной работы по вузу на выделенный министерством штат преподавателей вуза ($N_{шт}$)

$$УН = \frac{УР}{N_{шт}}, \quad (6)$$

$$\text{где } УР = \sum_{j=1}^k УР_j,$$

k – число действующих учебных планов в вузе.

Учебный план формируется так, чтобы его структура и содержание обеспечивали заданную трудоемкость подготовки выпускника и полностью соответствовали требованиям и содержанию ФГОС по соответствующей специальности или направлению подготовки. Эта процедура облегчается при применении единой методологической основы планирования учебной работы в учебном плане [3]. Алгоритм формирования и заполнения учебного плана универсален и позволяет получить учебный план с произвольной и номинальной годовой учебной нагрузкой на преподавателя. Основными факторами, определяющими трудоемкость учебной нагрузки, являются состав и структура учебного плана по специальности или направлению подготовки, а также величина и структура набора студентов; регулирование величины средней учебной нагрузки требует учета факторов, которые влияют на суммарный годовой объем учебной работы в каждом учебном плане. Учет влияния этих факторов осуществляют путем введения нормативных коэффициентов, нормирующих объем самостоятельной работы студентов по видам занятий (a, b, c) и объем работы преподавателя на контроль знаний студентов, на контроль и руководство работой студентов над индивидуальными заданиями (p, q). Кроме того, в процессе формирования учебного плана автоматически отслеживается процедура выделения соответствующего числа часов самостоятельной работы студентов ($СР_k$) на выполнение соответствующих индивидуальных заданий (курсовых проектов и т.д.), не допуская перегрузки студентов индивидуальными заданиями [4].

Дальнейшее совершенствование процесса планирования учебной работы возможно путем применения унифицированных норм времени учебной работы, базирующихся на дифференциальной зависимости объема часов контроля знаний студентов от общего объема числа часов по дисциплине, что позволяет методически правильно планировать контроль знаний студентов по изучаемым дисциплинам, распределять учебную работу между кафедрами и оптимизировать и автоматизировать процесс расчета учебной нагрузки.

В таблице 2 приведена основная часть унифицированных норм времени для расчета учебной работы ППС для всех форм обучения. Отличительной особенностью унифицированных норм времени является дифференцированный подход к определению количества часов индивидуальной работы преподавателя по разным дисциплинам. То есть реализован принцип: чем больше часов по

ФГОС отводится на изучение дисциплины, тем больше часов на контроль знаний студентов и консультации устанавливается нормами, что позволяет методически правильно планировать и организовывать изучение отдельных дисциплин учебного плана.

Таблица 2 – Унифицированные нормы для расчета учебной работы ППС

№	Вид учебной работы	Единица работы	Норма времени в часах	Условное обозн. нормы	Расчетная един.
	2	3	4	5	6
1	<i>Аудиторная работа (АР), а именно:</i>				
1.1	Чтение лекций	1 акад.час	1	$H_{ЛК}$	на 1 пот.
1.2	Проведение практических и семинарских занятий и так далее	1 акад.час	1	$H_{ПЗ}$	на 1 гр.
2	<i>Индивидуальная работа (ИР), в том числе:</i>		$0,01 \cdot ОЧС + 0,1 \cdot СР_K + 0,25$	$p \cdot ОЧС + g \cdot СР_K + H_{КП}$	на 1 студ.
2.1	а) проведение текущих консультаций по учебной дисциплине, в рамках пункта б).	1 акад.час	1	$H_{ТК}$	на 1 гр.
2.2	б) проведение текущего контроля, консультаций и зачета				
	- по лекционному материалу	учеб.год	$0,01 \cdot ЛК \cdot 2$	$p \cdot ЛК(a + H_{ЛК})$	на 1 ст.
	- по практическому материалу	учеб.год	$0,01 \cdot ПЗ \cdot 1,7$	$p \cdot ПЗ(b + H_{ПЗ})$	на 1 ст.
	- по лабораторному материалу	учеб.год	$0,01 \cdot ЛБ \cdot 1,5$	$p \cdot ЛБ(c + H_{ЛБ})$	на 1 ст.
2.3	в) прием зачета в рамках пункта б)	1 сдача	0,25	H_3	на 1 ст.
2.4	г) проверка, консультация и прием индивидуальных заданий, предусмотренных учебным планом	учеб.год	$0,1 \cdot СР_K$	$g \cdot СР_K$	на 1 ст.
2.5	д) руководство, консультация, рецензирование и прием защиты курсовой работы	учеб.год	$0,1 \cdot СР_K$	$g \cdot СР_K$	на 1 ст.
2.6	е) руководство, консультация, рецензирование и прием защиты курсового проекта	учеб.год	$0,1 \cdot СР_K$	$g \cdot СР_K$	на 1 ст.
2.7	ж) то же, что в п."е", но прием защиты курсового проекта комиссией, состоящей из двух преподавателей	учеб.год	$0,1 \cdot СР_K + 0,25$	$g \cdot СР_K + H_{КП}$	на 1 ст.
2.8	з) руководство, консультация и защита УИРС, НИРС	1 неделя	1	$H_{УИ}$	на 1 ст.
3	<i>Другие виды учебной работы (ДВР)</i> Экзамен и консультации				

3.1	1) проведение консультации перед экзаменом 2) прием экзамена	2 ак. часа	2	Н _к	на 1 гр.
3.2	Прием итогового междисциплинарного экзамена ГЭК <i>и так далее</i>	1 сдача	0,3	Н _э	на 1 ст.

Такой подход позволяет снизить номенклатуру документов, циркулирующих в учебном процессе, повысить информационную емкость документов, уменьшить число условных операций в технологии планирования, повысить качество планирования учебного процесса при одновременном снижении трудоемкости процесса планирования. Оптимальная технологическая схема планирования учебного процесса в вузе приведена на рисунке 3.

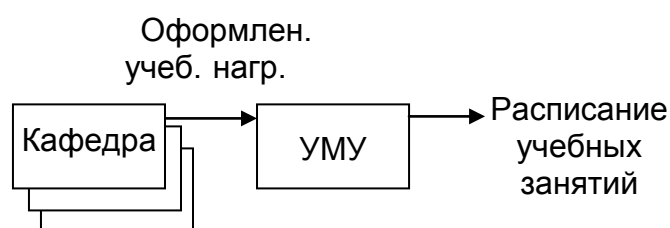


Рисунок 3 Оптимальная технологическая схема планирования учебного процесса в вузе

Все это позволит снизить затраты при планировании учебного процесса, упростить технологию планирования, повысить качество планирования учебного процесса при одновременном снижении трудоемкости процесса планирования и расчета плановой учебной нагрузки преподавателю.

Список литературы

1. Огорелков, Б.И. Планирование и нормирование научно-педагогического труда преподавателей вуза: учебное пособие / Б.И. Огорелков, В.П. Ерунов. – Оренбург: ОГУ, 2000. – 47 с.
2. Чупрунов, Д.И. Экономика, организация и планирование высшего образования: учеб. пособие для вузов / Д.И. Чупрунов, Е.Н. Жильцов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1988.
3. Ерунов, В.П. Квалиметрическая основа система качества вуза [Текст]: монография / В.П. Ерунов; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. Агентство по образованию, гос. образов. учреждение высш. проф. образования «Оренбург. гос. ун-т». – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009. – 314 с.: ил. - Библиогр.: с.178-183. – Прил.: с.184-313. – ISBN 978-57410-1005-1.
4. Морковин, И.И. Автоматизированная система планирования учебного процесса в вузе / И.И. Морковин, В.П. Ерунов, И.А. Кандрашин // Российское агентство по патентам и товарным знакам: свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2001610164. – Москва, 2001.

УМНАЯ ТЕПЛИЦА

Безгин А.С., канд.техн. наук, доцент, Зеленцов Н.Ю.

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

Мы – это то, что мы едим, эта аксиома знакома каждому уже давно. У современных жителей мегаполисов стремительный темп жизни. При этом каждый из них стремится к качественному, рациональному и здоровому существованию. Масса горожан приходит к мнению о экологичном земледелии и возможности потреблять натуральные продукты выращенные собственноручно. Сегодня, к сожалению, рынок полнится замороженными продуктами или блюдами быстрого приготовления, люди все реже питаются полезными и экологически чистыми фруктами и овощами. Быстрый темп жизни мегаполисов диктует жителям свои правила, заставляя более вдумчиво распределять свободное время, по возможности экономя на некоторых вещах. В связи с этим, уже привычная практика по выращиванию растений на собственном участке постепенно уходит в прошлое. Работающие люди физически не могут заниматься содержанием земельного участка и трудовой деятельностью одновременно, максимум — на выходных, чего явно не достаточно для получения высококачественного урожая. Главным преимуществом выращивания собственного урожая, является фактор применения только натуральных добавок, без пестицидов и агрохимикатов. Именно для таких случаев и разрабатываются системы «Умная теплица». Кроме вышесказанного применение умных теплиц на территории Российской Федерации является достаточно актуальным и прибыльным для промышленных агрокомплексов, которые прибегают к технологии «Умных теплиц» для разведения различных культур в промышленных масштабах.

Благоприятная среда для растений в теплице – залог урожайности. Микроклимат должен быть сбалансированным по параметрам: влажность, состав воздуха, температура.

Для удовлетворения требуемых параметров применяется автоматизация теплиц. Это позволяет максимально освободить дачника от привязанности к собственному земельному участку. В большинстве случаев придется лишь контролировать такие параметры, как уровень жидкости в емкости под воду или наличие электричества в сети, при питании от общей сети.

Автоматизированная теплица предполагает выполнение ряда процессов без участия человека, а именно: поддержка требуемых температур; автополив посредством капельного орошения; мульчирование почвы; установка принудительной и естественной вентиляции; обогрев воздуха и грунта; искусственное и естественное освещение[3,6,7].

Автоматизированные теплицы можно классифицировать следующим образом:

автономные – системы, работающие исключительно на тепловой или солнечной энергии;

энергозависимые – питание элементов осуществляется от электросети.

Данные теплицы обладают своими преимуществами и недостатками. Так, автономная теплица, функционирующая от электросети, требует существенный расход электроэнергии, при отключении которой для растений могут наступить неблагоприятные последствия [9].

Виды вентиляции.

Существует два типа системы вентиляции: гидроцилиндрическая и терморегулируемая.

В гидроцилиндрической системе основным элементом является гидроцилиндр, который открывает окна для вентиляции. При этом способе для открытия используется гидроцилиндр, полость которого наполнена жидкостью.

При повышении температуры жидкость расширяется и выдвигает поршень, который и открывает окно вентиляции. При понижении температуры жидкость сжимается, и под действием пружины поршень возвращается, закрывая окно.

Терморегулируемый способ более точный и сложный, с установкой контактного термометра и сложного механизма открытия и закрытия окна. Это позволяет более точно регулировать температуру, но требует немалых затрат на установку.

Кроме того терморегуляторы можно разделить на 3 типа:

Механические и электромеханические устройства. Имеет минимальное количество настроек. Это ограничивает температурный диапазон и точность настроек. Может иметь погрешность на несколько градусов, но при этом отличается надежностью. Недостатком является ручное управление.

Цифровые электронные устройства. Отличаются высокой стоимостью по сравнению с механическими аналогами, имеют более широкий функционал и дистанционное управление настройками. Оснащены дисплеем, на котором можно выставлять не только температуру, но и ее изменения в зависимости от времени суток.

Программаторы – это сложные по своему строению приборы, которыми можно управлять, находясь далеко от загородного дома. Как правило, кроме расширенной программы наблюдения за микроклиматом в теплице, они оснащены встроенным Wi-Fi или сим-картой, что позволяет контролировать или менять настройки у них через смартфон, планшет или компьютер при наличии выхода в интернет [5,6,9].

Системы капельного орошения.

Капельное орошение — система полива, при котором вода подается непосредственно в прикорневую зону растений регулируемые малыми порциями с помощью дозаторов-капельниц, что позволяет получить экономию воды и других ресурсов (удобрений, трудовых затрат, энергии и трубопроводов). При этом почва остается влажной, что благоприятно сказывается на росте растений.

Для автоматического полива используют шланги с небольшими отверстиями, через которые вода подается к корневой системе. Емкость для воды устанавливается внутри или снаружи теплицы. В резервуар вода подается из водопровода, контроль уровня и пополнение при расходе осуществляется с помощью поплавкового затвора. Кроме того в систему полива можно использовать подкормки, добавляя в резервуар жидкое удобрение.

Из резервуара вода поступает к капиллярным трубкам через кран с дистанционным управлением. Он может открываться с помощью автоматического управления либо в определенное заданное время, или при изменении уровня влажности в теплице.

Контроллеры для автоматического орошения можно разделить на бытовые (для полива небольших участков) и профессиональные, предназначенные для орошения больших площадей[2,8].

Автоматический обогрев почвы и воздуха.

При использовании теплицы в холодное время года для созревания овощей и других культур необходим обогрев. Система автоматики должна включать обогрев при понижении температуры и выключаться при достижении верхнего предела оптимальной температуры.

Для обогрева теплиц применяют несколько способов:

- установка электрических тепловых пушек, обогревателей и калориферов;
- прокладка системы «теплый пол», с подключением к котлу или к электроэнергии;
- установка котла, газового или электрического с радиаторами по периметру теплицы [1,2,9].

Приборы освещения.

Недостаток освещения отрицательно сказывается на развитии овощей и других культур, поэтому необходимо в теплице устанавливать освещение для продления светового дня. Оптимальной продолжительностью светового дня должна быть в пределах 12-16 часов в сутки.

Для освещения используют следующие типы ламп:

- накаливания, создает инфракрасное излучение, но при близком расположении от растений может обжечь;
- натриевая, наиболее максимально эффективная для роста растений, но имеет малый срок эксплуатации;
- светодиодная, дает яркий свет, приближенный к солнечному;
- люминесцентная, обладает ярким светом и длительным сроком службы.

Кроме этого, для освещения используют инфракрасные и ультрафиолетовые лампы. Инфракрасная лампа может не только освещать, но и обогревать теплицу. Для автоматизации процесса включения освещения необходимо установить датчики освещенности, или таймеры. Таймеры включают и выключают свет в определенное заданное время [6,7,8].

Источники питания.

Автоматизированные теплицы можно разделить на 2 вида: автономные и энергозависимые.

Максимально благоприятные условия для роста овощных растений и культур способны создать энергозависимые теплицы, работа которых зависит от внешней электросети. При этом зависимость автоматики от электроэнергии может привести к потере урожая в максимально короткие сроки при аварийном отключении на 1-2 ч. При этом может значительно возрасти себестоимость продукции, что связана с расходами на оплату электроэнергии [1,2,9].

Автономные источники питания – это системы включающие в себя солнечные батареи, ветрогенераторы, дизельный или бензогенератор, аккумуляторные батареи, контроллеры заряда, инверторы и конвертеры.

Преимущества автономных источников электроснабжения:

высокая надежность;

отсутствие необходимости в обслуживании;

бесшумная работа;

быстрая окупаемость;

работа на малых скоростях ветра и в широком температурном диапазоне от -50 до +60 градусов по Цельсию.

Солнечная батарея — объединение полупроводниковых устройств, преобразующих солнечную энергию в постоянный электрический ток.

Основные преимущества в использовании солнечной энергии:

неиссякаемость;

высокая экологичность технологии;

длительный срок эксплуатации от 50 лет;

использование солнечных батарей снижает себестоимость продукции.

При этом система на солнечных батареях имеет невысокий КПД, это объясняется не только сложностями технологических процессов, но и солнечным насыщением. Максимальный результат возможно получить в ясный солнечный день. Поэтому для того, чтобы иметь независимость электроснабжения в комплексе с солнечными батареями всегда используются аккумуляторы.

Основные виды солнечных батарей: монокристаллические; поликристаллические; тонкопленочные.

Монтаж солнечных батарей не представляет особой сложности: при размещении панелей солнечных батарей, соблюдать правильную ориентацию. Рекомендуется устанавливать батареи с южной стороны на крышах здания. на крышах здания Необходимо предусмотреть изменение наклона панелей, так как в разное время года солнечные лучи падают на землю под разными углами.

Ветрогенератор – оборудование для преобразования энергии ветрового потока в энергию вращения ротора с последующим её преобразованием в [электрическую энергию](#). Применение ограничено различной ветровой насыщенностью разных областей Российской Федерации. Необходимы открытые пространства, в лесных районах для применения ветрогенераторов используют самые высокие места и специальные мачты высокой длины. Научно доказано, чем выше ветрогенератор, тем он более эффективен.

Разновидности ветрогенераторов подразделяют по направленности оси вращения: горизонтальные ветрогенераторы; вертикальные ветрогенераторы.

Исходя из вышесказанного можно сделать вывод, что наиболее эффективно применение в автономных системах «Умная теплица» дистанционного управления обогрева, вентиляции и капельного полива, на базе энергонезависимого источника питания – солнечных батареях, обеспечивающих сокращение потребления электроэнергии [4,9].

Список литературы

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. 9-е изд. М.: «Высшая школа», 1996. - 638 с.
2. Иванов, А. А. Автоматизация технологических процессов и производств: учеб. пособие / А.А. Иванов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : ФОРУМ: ИНФРА-М, 2015. — 224 с
3. Курдюмов Н. И., Малышевский К. Г. *Умная теплица*. Ростов н/ Д.: Владис; М.: РИПОЛ классик, 2014. – 192 с.
4. Кашкаров А. П. *Ветрогенераторы, солнечные батареи и другие полезные конструкции*. М.: ДМК-Пресс, 2011. - 144 с.
5. Кангин В. В. Промышленные контроллеры в системах автоматизации технологических процессов: учебное пособие для вузов / В. В. Кангин. - Старый Оскол: ТНТ, 2013. - 408 с.
6. Системы АСУ в тепличном хозяйстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elektrocar.narod.ru/doc/4.pdf>
7. Системы автоматизации теплиц [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://automatization.pro/model-projects/sistemy-avtomatizacii-teplic>
8. Параскевов А.В., Лебедев С.С. Предпосылки и особенности разработки автоматизированной системы управления «Микроклимат» [Текст]// Научный журнал КубГАУ. -2015.- № 112(08)
9. Что такое умная теплица и как сделать автоматическое управление своими руками [Электронный ресурс] <http://teplicno.ru/obustr/umnaya-teplica.html>.

ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГЕТИКИ СО СТОРОНЫ БУДУЩЕГО ЭНЕРГЕТИКА

Клещарева Г. А., канд.техн.наук, доцент, Нагаец Д.П.

Клещарева А.В., Клещарев И.В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

В наше время энергетическая область оказывает большое влияние на развитие базовых отраслей промышленности, определяющей прогресс развития человеческого общества. На это повлияло то, что темпы развития энергетики во многих промышленных странах превосходили развитие других отраслей. Комфортная жизнь человека напрямую зависит от потребления энергии.

Энергетическая сфера требует особого внимания. Для поддержания стандартов производства энергии и качественного обеспечения многих промышленных объектов требуются квалифицированные специалисты.[1]

Многие учебные заведения предоставляют возможность перспективным молодым людям освоить область энергетики. Они учат всем научно-методическим аспектам их деятельности. Начиная с теоретических основ и законов существования любого вида энергии, заканчивая умением эксплуатации технических сооружений. Широкий спектр образовательных дисциплин, исследовательских работ и проектов помогают будущему инженеру-энергетику освоить новые знания и закрепить их на практике.

Чтобы понять каким аспектам нужно подготавливать инженера-энергетика, нужно глубже понять роль его деятельности.

Инженер-энергетик это специалист, который занимается разработкой, производством и эксплуатацией систем теплового и энергетического обеспечения.

Инженеры-энергетики работают на различных видах электростанций, в научно-исследовательских институтах по соответствующей отрасли, в проектных и строительно-монтажных организациях.

Специалист по этой профессии должен знать сколько требуется энергоресурсов различным промышленным объектам. Он берет ответственность за техническое оборудование и его дальнейшую модернизацию и эксплуатацию.

Инженерная деятельность включает не только составление чертежей, но и непосредственное участие в монтаже различных систем оборудования и их пуско-наладочными работами. Также специалист проверяет систему релейной защиты и автоматики, ведет графики ограничения потребления энергии в часы максимальных нагрузок энергосистемы.[2]

Исходя из выше перечисленных обязанностей инженера-энергетика можно выделить несколько аспектов подготовки будущего специалиста:

Работа с технической документацией. На основании этих документов выполняются проектирование различного рода объектов и производство различного рода продукции.

Составление схем и чертежей, также важно не только уметь составлять их, но и читать.

Уверенное использование ПК, знание специализированных программных обеспечений.

Организация производственного процесса.

Установка и обслуживание технического оборудования.

Коммуникация и консультация с другими специалистами.

Осуществление технического надзора контроля над правильной эксплуатацией технического оборудования.

Осуществление руководства над другими работниками.

Обучение на специальность энергетика также должна затрагивать компетенцию будущего специалиста как общую, так и профессиональную.

Общие компетенции:

Использование полученных теоретических и практических знаний в производственной деятельности.

Использование нормативно-правовых документов в своей деятельности.

Оценка рисков и принятие грамотных решений в нестандартных ситуациях.

Поиск рациональных методов выполнения профессиональных задач.

Владение одним из иностранных языков для коммуникации с иностранными специалистами и изучения зарубежных источников информации.

Эффективно работать в коллективе.

Профессиональные компетенции:

Расширение профессионального кругозора, получение практического опыта за рубежом.

Принимать активное участие в модернизации технического оборудования компании, направленное на повышение объемов производства и сокращение затрат ресурсов и энергии.

Участие в расследовании аварийных ситуаций и их устранение, поиск причин из-за которых они возникли.

Соблюдение инструкций пользования техническим оборудованием.

Поиск и закупка нужного энергетического оборудования, расходных материалов, запасных частей.

Заключение договоров на ремонт оборудования с подрядными организациями.

Подготовка отчетности по утвержденным объемам и показателям.

Для обучения вышеперечисленным аспектам следует составить грамотную учебную программу. Она должна равномерно затрагивать все возможности для обучения профессиональным навыкам инженера-энергетика. На данный момент в России существует 218 энергетических вузов и 420 учебных программ. Практически в любом городе можно получить высшее образование по энергетической специальности. В тройке лучших вузов энергетиков находятся Национальный исследовательский университет [“МЭИ”](#), Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого.[4]

Теоретическую основу предоставляют различные дисциплины для энергетической специальности и сопутствующие им литературные источники. Изучая разнообразные предметы в течение обучения, можно наработать нужную теоретическую базу, и поэтапно понять в чем заключается смысл будущей профессии.

Наработка навыков черчения, работы с ПК и программным обеспечением происходит на практических занятиях, закрепление теоретической части на лабораторных. Выполнение таких работ выполняются под наблюдением преподавателя. Дидактическая цель практических работ – формирование у студентов профессиональных и практических умений, необходимых для изучения последующих учебных дисциплин.[3]

Исследовательские и курсовые работы позволяют самостоятельно применять знания и практические умения для решения поставленных задач. Они являются неотъемлемой частью учебного процесса.

Производственная практика дает возможность ознакомиться с процессом работы будущей профессии. Она направлена на анализ деятельности организации и понимание ее устройства, выделения проблем функционирования всей организации или подразделения, анализ профессиональных техник и методик, используемых в работе.

В заключении, хочется сказать, что подготовка хорошего специалиста – энергетика, да и любого другого специалиста процесс важный, сложный и не заканчивающийся всю жизнь (Life-long learning).

Список литературы:

1. Бурман, А.П., Строев, В.А. Современная электроэнергетика. В 2 томах. – 4-е, перераб. и доп. – М.: МЭИ, 2008. – 632с.
2. Инженер-энергетик. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://proforientator.ru/publications/articles/inzhener-energetik.html>.
3. Особенности лабораторных и практических занятий . [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://nsportal.ru/shkola/materialy-metodicheskikh-obedinenii/library/2017/03/02/osobennosti-laboratornyh-i>.
4. Рейтинг вузов по предмету энергетика. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://univer.expert/akademicheskiye-reytingi/energetika-2019/>.

АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Крынов В.М., Валиуллин К.Р., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Защита силовых трансформаторов в электроэнергетических системах является одной из важнейших задач. Для этой цели применяют релейную защиту и автоматику.

Релейная защита и автоматика (РЗА) – это совокупность устройств, задача которых максимально быстро и без участия человека выявлять и отключать от электроэнергетической системы повреждённые, в результате аварийных ситуаций, элементы для сохранения стабильной работы системы.

Перспективным путём улучшения релейной защиты является разработка и совершенствование алгоритмов работы. Это улучшение происходит в двух направлениях:

- 1) Количественное – учёт большего числа измеряемых параметров.
- 2) Качественное – разработки принципиально новых алгоритмов. Перспективным является внедрение алгоритмов на базе искусственного интеллекта (ИИ).

Сравнение различных типов защит, разделённых по количеству измеряемых параметров приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение различных типов релейной защиты

Количество параметров	Тип защит	Селективность	Быстродействие	Чувствительность	Надёжность	Простота
Один	МТЗ	За счёт выдержки времени	Низкое	Средняя. Ухудшается при большой доле двигательной нагрузки. Не используется в сетях с двухсторонним питанием	Высокая	Простая
	ТО	Абсолютная	Высокое	Недостаточная чувствительность для линий и трансформаторов	Высокая	Самая простая защита

Продолжение таблицы 1

Количество параметров	Тип защит	Селективность	Быстродействие	Чувствительность	Надёжность	Простота
Два	МТЗ с блокировкой по напряжению	За счёт выдержки времени	Низкое	Высокая	Средняя	Средняя
	Дистанционная защита	За счёт выдержки времени	Минимальное время отключения в зоне первой степени защиты	Большая чувствительность при КЗ и лучшая отстройка от нагрузки и качаний	Требуется блокировка по напряжению	Сложная
	Дифференциальная защита	Абсолютная	Быстрое отключение поврежденного участка	Высокая; Необходимо учитывать ток небаланса	Средняя	Сложная
Три и более	Микропроцессорная защита	Высокая	Высокое	Высокая	Высокая	Сложная Сложная настройка
	Защита на основе искусственных нейронных сетей	Абсолютная	Высокое	Высокая	Высокая	Сложная Требуется обучение

Нечёткая логика – это раздел многозначной логики, который базируется на обобщении классической логики и теории нечётких множеств, для формализации нечётких знаний, характеризующихся лингвистической неопределённостью.

Использование нечёткой логики в РЗиА позволяет работать в условиях отсутствия точных данных, а также делает РЗиА более устойчивой к шумам.

Недостатками защиты на базе нечетких систем являются:

- 1) Отсутствие стандартной методики конструирования нечетких систем и, как следствие, отсутствие единого метода определения уставок срабатывания.
- 2) Не применима к задачам с большим диапазоном мощностей оборудования.

Генетический алгоритм – это эвристический алгоритм поиска, используемый для решения задач оптимизации и моделирования путём последовательного подбора, комбинирования и вариации искоемых параметров с использованием

механизмов, напоминающих биологическую эволюцию. Является разновидностью эволюционных вычислений.

В статье [1] рассматривается использование генетического алгоритма для оптимизации селективности реле максимального тока на этапе проектирования. Данный метод позволил улучшить селективность и быстродействие. Также следует отметить, что генетический алгоритм в этой работе избежал попадания в локальный минимум.

Главное преимущество генетических алгоритмов заключается в отсутствии необходимости использования информации о поведении функции, то есть ЭЭС, а также устойчивость к недостаточности данных. Это возможно благодаря тому, что генетические алгоритмы не проводят анализ причинно-следственных связей, а выстраивают целевую функцию.

К недостаткам можно отнести:

- 1) Вероятность получения неоптимального решения;
- 2) Необходимость наличия специалиста, который сможет эффективно сформулировать задачу, определить критерий отбора и другие параметры;
- 3) Высокая ресурсоёмкость и, как следствие, низкое быстродействие.

Искусственная нейронная сеть – это математическая модель, построенная по принципу работы биологических нейронных сетей. В нейронных сетях присутствуют:

1) Нейроны – это вычислительные единицы, которые получают информацию, производят над ней простые вычисления и передают ее дальше по сети. Нейроны подразделяются на:

- а) Входные нейроны – принимают информацию и передают её на первый скрытый слой;
 - б) Скрытые нейроны – суммируют информацию от вышестоящих нейронов и производят вычисление;
 - в) Выходные нейроны – выводят результат.
- 2) Синапсы – связь между двумя нейронами. Каждый синапс обладает параметром – весом. За счёт него информация, проходящая от одного нейрона к другому, изменяется.

Строение ИНС представлено на рисунке 1.

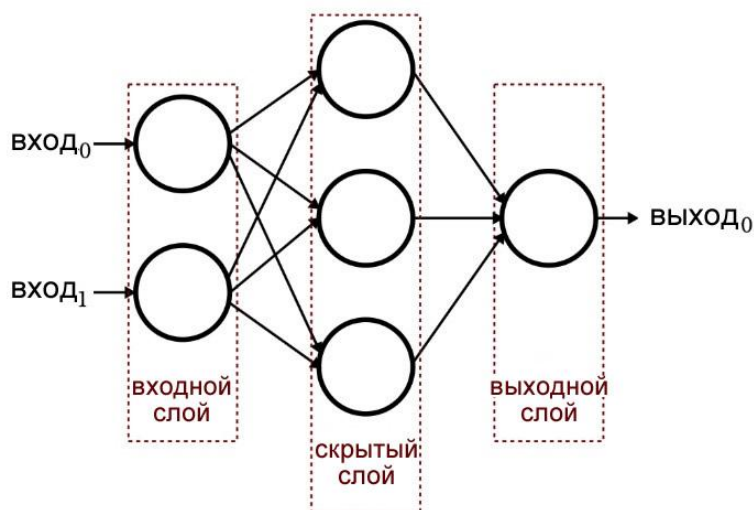


Рисунок 1 – Строение ИНС

Главной особенностью ИНС является обучаемость, во время которой происходит настройка связей между нейронами. ИНС применяются для распознавания образов, в прогнозировании, в экономике и во многих других областях.

В РЗиА обучаемость ИНС позволит ей самостоятельно определять уставки срабатывания за счёт примеров аварийных режимов, в отличие от традиционной релейной защиты, где уставки рассчитываются и задаются. Также ИНС способна адаптироваться, то есть учитывать изменения нормальных параметров режима работы системы, например, при отключении части нагрузки. А за счёт способности к прогнозированию, РЗиА на базе ИНС может уменьшать либо полностью убирать выдержку времени ещё до возникновения КЗ.

Недостаткам ИНС является:

- 1) Отсутствие стандартной методики определения уставки срабатывания защиты;
- 2) Не всегда получается точное решение.

В работе [2] предлагается использование дифференциальной защиты на базе вероятностной нейронной сети, которая позволяет отличать бросок тока намагничивания от внутреннего повреждения силового трансформатора. Для определения режима работы трансформатора используется отношение напряжения к частоте и амплитуду дифференциального тока.

Вероятностный процесс обучения нейронной сети требует меньше времени по сравнению с нейронной сетью, основанной на методе обратного распространения ошибки. Вероятностная нейронная сеть обобщает новые поступающие шаблоны без повторения процесса обучения, что даёт возможность использовать её в реальном времени. Предлагаемый алгоритм оптимальной вероятностной нейронной сети основан на методе определения формы волны и не зависит от гармоник, содержащихся в дифференциальном токе, что делает этот метод подходящим для современных силовых трансформаторов любой номинальной мощности, в которых используются материалы сердечника с высокой проницаемостью.

В статье [3] рассматривается дифференциальная защита для трансформатора с использованием ускоренной сверточной нейронной сети (СНС). Главным преимуществом СНС является объединение части входных параметров в одно значение, что увеличивает скорость работы, точность, а также эффективность использования оборудования.

Проверка данной защиты проводится на моделируемой системе с напряжением 230 кВ. Для расчётов показателей надёжности моделируются различные режимы работы сети, как нормальные, так и аварийные. При сравнении было выявлено, что защита на базе ускоренной СНС более надёжна, а также в четыре раза быстрее, чем обычная СНС. По заявлению авторов данный метод может быть применён к различным системам независимо от параметров этих систем. К недостаткам этого метода можно отнести то, что для обучения нейронной сети требуется большой набор данных, который затруднительно получить.

В работе [4] рассматривается дифференциальная защита трансформатора с использованием двух отдельных параллельно-скрытых многоуровневых ИНС, которые в совокупности называются генеративно-состязательной ИНС. Одна ИНС используется для обнаружения неисправностей, а другая - в качестве классификатора неисправностей. Обе ИНС обучены с помощью метода обратного распространения ошибки и генетического алгоритма.

ИНС, обученная с помощью генетического алгоритма, быстро функционирует, даёт более точные результаты, чем ИНС, обученная с помощью алгоритма обратного распространения ошибки.

Также в работе используются, вместо традиционных последовательно соединённых скрытых слоёв, работающие параллельно независимые скрытые слои. Это означает, что вывод любого из скрытых слоёв не влияет ни на выходы, ни на входы другого. Благодаря использованию параллельно соединённых скрытых слоёв уменьшается количество весов и изменений, которые необходимо оптимизировать во время обучения, что позволяет сократить общее время обучения ИНС.

Минусом данного метода является сложность построения ИНС.

Достоинства и недостатки каждого из методов ИИ сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Сравнение методов ИИ

ИИ	Преимущества	Недостатки
Нечёткая логика	- Работа в условиях отсутствия точных данных; - Устойчивость к шумам.	- Отсутствие стандартной методики определения уставки срабатывания защиты; - Применима не ко всем задачам.
Генетический алгоритм	- Отсутствие необходимости использования информации о поведении ЭЭС; - Устойчивость к не-	- Отсутствие стандартной методики определения уставки срабатывания защиты; - Вероятность получения неоптимального решения;

	достаточности входных данных	- Низкое быстродействие.
Нейронные сети	- Способность к самообучению; - Способность адаптации при изменениях в системе; - Высокое быстродействие.	- Отсутствие стандартной методики определения уставки срабатывания защиты; - Приближенное решение.

В результате проведённого анализа можно прийти к выводу, что ИНС является наиболее перспективным методом ИИ. Следовательно, ИНС больше всего подходит для создания алгоритмов работы релейной защиты. Но, несмотря на то, что применение искусственных нейронных сетей в релейной защите показывает хорошие результаты, данный вопрос в научной литературе проработан не в полном объеме, и исследования, посвященные использованию ИНС в устройствах РЗ, являются актуальными.

Список литературы

1. Koochaki, A., Asadi, M. R., Mahmoodan, M., &Naghizadeh, R. A. (2008). Optimal Overcurrent relays coordination using genetic algorithm. 2008 11th International Conference on Optimization of Electrical and Electronic Equipment. doi:10.1109/optim.2008.4602366
2. Tripathy M., Maheshwari R., Verma H. Improved transformer protection using probabilistic neural network and power differential method //International Journal of Engineering, Science and Technology. – 2010. – Т. 2. – №. 3. – С. 29-44.
3. Afrasiabi S. et al. Integration of accelerated deep neural network into power transformer differential protection //IEEE Transactions on Industrial Informatics. – 2019. – Т. 16. – №. 2. – С. 865-876.
4. Vishwakarma D. N., Balaga H., Nath H. Application of genetic algorithm trained masterslave Neural Network for differential protection of power transformer //2014 9th International Conference on Computer Engineering & Systems (ICCES). – IEEE, 2014. – С. 164-169

АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТРОЙСТВ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ С ВОЗОБНОВЛЯЕМЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ

Крынова Е.К., Валиуллин К.Р., канд. техн.наук, доцент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Наиболее перспективным направлением развития электроэнергетической отрасли является внедрение возобновляемых источников энергии (ВИЭ). К самым известным и активно развивающимся ВИЭ относятся энергия ветра и солнечная энергия. Существуют ряд причин, которые сдерживают интеграцию ВИЭ. Одна из которых – это изменение режимов работы ЭЭС, влияющее на функционирование устройств релейной защиты и автоматики.

Основным видом защит распределительных сетей являются токовые защиты, реализованные с помощью реле максимального тока, реклоузеров и предохранителей. Эти устройства предназначены для контроля протекающего тока через защищаемый элемент либо подачи сигнала отключения на выключатель, если ток превышает определенное значение. В случае сети с ВИЭ необходимо учитывать особенности данного источника и преобразовательного оборудования, эту систему следует рассматривать как линии с двусторонним питанием [8]. В результате это может приводит к тому, что максимальная токовая защита (МТЗ) неспособна корректно функционировать. Для систем с более сложной конфигурацией обычно используется максимальная токовая направленная защита (направленная МТЗ). Но направленная МТЗ не применяется в кольцевых сетях с несколькими источниками питания [1], а сети с ВИЭ относятся именно к таким сетям. В таких системах направление и величина тока КЗ зависят от количества, типа и местоположение ВИЭ.

К устройствам РЗ предъявляются ряд требований:

1) Чувствительность. Способность релейной защиты за минимальное время выявлять повреждения в конце заданной зоны действия.

На ток КЗ может существенно повлиять мощность, тип и место установки ВИЭ. Например, для синхронных ВИЭ (малые гидростанции) ток КЗ в 5-6 раз больше номинального тока, в то время как для инверторных ВИЭ (солнечные электростанции) ток КЗ превышает в 1,1–2 раза номинальный ток. В этом случае становится сложно обеспечить достаточную чувствительность МТЗ при их проектировании, а для существующих защит требуется переоценка чувствительности с учетом внедренных ВИЭ.

На рисунке 1 показана сеть с двумя источниками питания, один из которых ВИЭ, а также две защиты R1, R2. Если КЗ возникает возле защиты R2, ток короткого замыкания увеличивается для R2 и уменьшается для R1. Если защита R2 будет неисправна, то R1 не сработает из-за недостаточной величины тока КЗ. Таким образом, внедрение ВИЭ снижает чувствительность релейных защит,

что может приводить к их несрабатыванию. Особенно критичным данный недостаток становится для защит, осуществляющих дальнейшее резервирование.

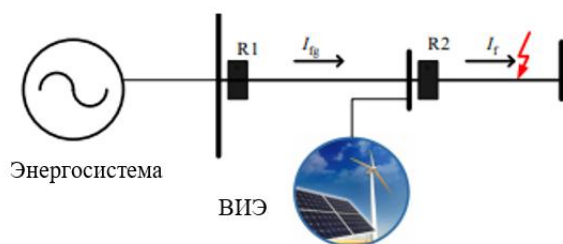


Рисунок 1 – Воздействие ВИЭ на чувствительность защиты

2) Селективность. Способность РЗ выявлять и отключать только тот участок (элемент), на котором обнаружено повреждение, ненормальный режим.

При крупномасштабном внедрении ВИЭ в распределительные сети, создается двунаправленный ток КЗ. На рисунке 2 представлен случай, когда R2 может сработать раньше R1, это происходит за счет тока подпитки со стороны ВИЭ, текущего в направлении КЗ на защищаемой R1 линии. Это приводит к излишнему срабатыванию (нарушению селективности) и отключению большей части питающей линии.

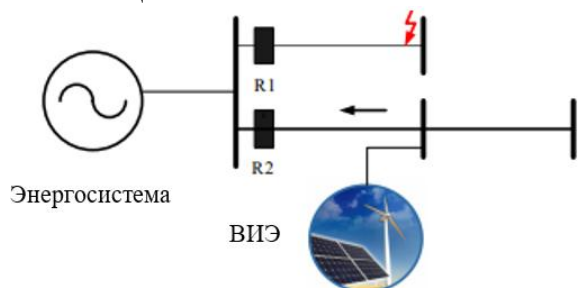


Рисунок 2 – Воздействие ВИЭ на селективность защиты

3) Быстродействие. Способность РЗ быстро выявлять и отделять поврежденный элемент от энергосистемы. Время срабатывания защиты – это показатель быстродействия, интервал времени от момента возникновения до момента отключения поврежденного элемента. Чем меньше интервал, тем меньше ущерб, который может получить потребитель.

4) Надежность. Основными показателями надежности являются время безотказной работы и интенсивность отказов (количество отказов за единицу времени).

Всё вышеперечисленное негативно влияет на надежность, так как при наличии ВИЭ защита может срабатывать при КЗ вне защищаемой зоны и не срабатывать при КЗ в самой защищаемой зоне.

В таблице 1 продемонстрировано влияние ВИЭ на релейную защиту.

Таблица 1 – Влияние ВИЭ на релейную защиту

Параметры	Причины ухудшения параметра
Чувствительность	ВИЭ инверторного типа поддерживают уровень остаточного напряжения, что приводит к снижению чувствительности защиты

Продолжение таблицы 1

Параметры	Причины ухудшения параметра
Селективность	Возможны неселективные отключения в связи с излишним срабатыванием защиты, которое возникает из-за наличия тока подпитки со стороны ВИЭ, текущего в направлении КЗ.
Быстродействие	Из-за ухудшения чувствительности основных защит, отключения повреждений происходят посредством резервных защит, что ухудшает быстродействие защиты в целом
Надежность	Использование ВИЭ требует применения более сложных и дорогостоящих защит

Исходя из вышеперечисленного можно сделать вывод о том, что в энергосистемах с ВИЭ ухудшаются все основные параметры релейной защиты, что в наиболее неблагоприятных условиях может приводит к несрабатыванию защиты, либо ее излишним действиям. Выходом из ситуации можно считать применение более сложных защит, что существенно увеличивает цену устройств РЗА, либо разработку принципиально новых алгоритмов и устройств РЗА.

Анализ существующей научно-технической литературы по влиянию возобновляемых источников энергии на функционирование релейной защиты и способы повышения эффективности представлен ниже.

В [3] утверждают, что традиционная защита не подходит для систем распределения с ВИЭ. В данной статье рассматриваются различные способы защиты таких энергосистем.

1) Схема защиты, которая основана на контроле напряжения в точке присоединения ВИЭ

Основная идея этой схемы защиты состоит в уменьшении влияния ВИЭ на ток короткого замыкания во время неисправности. Это достигается при помощи метода контроля напряжения.

Во время неисправности опорный ток преобразователя контролируется согласно выражению 1.1.

$$\begin{cases} I_{оп} = \frac{P_{необх}}{U} \text{ для } U \geq 0,88 \text{ о. е.}; \\ I_{оп} = k \cdot U^n \cdot I_{max} \text{ для } U \leq 0,88 \text{ о. е.} \end{cases} \quad (1.1)$$

где I_{max} – максимум выходного тока при напряжении U в точке присоединения ВИЭ к сети;

$P_{необх}$ – необходимая выходная мощность,

k и n – константы.

Предложенный способ считается простым, не требующий дополнительных затрат для его реализации. Однако он может не видеть разницу между падением напряжения во время неисправности и внезапным падением напряжения из-за изменения динамической нагрузки в переходном процессе, например, при самозапуске или пуске электрических двигателей. При удаленном КЗ остаточное напряжение в точке контроля может быть достаточно высоким, что приведет к неэффективности предлагаемого решения

2) Дистанционная защита (ДЗ) распределительной системы

ДЗ относятся к одним из распространенных способов защиты энергетической системы. По сравнению с МТЗ ДЗ меньше подвержены влиянию изменений в сети. Чтобы уменьшить вероятность ложного срабатывания используют ДЗ, которые способны определять место КЗ: на защищаемом объекте и за защитой. Одним из важных факторов, влияющих на функционирование ДЗ – это переходное сопротивление в месте КЗ. В сетях высокого напряжения переходное сопротивление можно не учитывать, но в распределительных сетях среднего напряжения большинство коротких замыканий сопровождаются дугой, либо происходят через переходное сопротивление. В связи с этим, настройка ДЗ в распределительных сетях требует больше усилий по сравнению с сетями высокого и сверхвысокого напряжения.

Как видно из статьи [1] на дальность действия ДЗ в ЭЭС с ВИЭ (ветрогенераторами) влияют параметры ветра. Уровень напряжения изменяется из-за колебаний скорости ветра, следовательно, меняется полное сопротивление защищаемого участка, что приводит к появлению зон неустойчивости срабатывания на характеристике ДЗ. Это неприемлемо при реализации защиты системы. Зачастую ДЗ в сетях среднего напряжения не используются ввиду своей сложности.

3) Модифицирование схемы защиты

Одним из способов реализации защиты в ЭЭС с ВИЭ является следующий вариант. Реле устанавливается на границе ВИЭ и сетевых фидеров. При аварийном режиме эта защита ограничивает ток КЗ от ВИЭ, но недостаток данного способа – это влияние на надежность электроснабжения [3].

Таким образом в источнике [3] говорится о том, что для защиты энергосистем с ВИЭ необходимо защиты с повышенной чувствительностью, которая сможет точно различить аварийный ток от тока нагрузки.

В статье [9] предлагается исследование, которое направлено на создание адаптивного дистанционного реле для параллельной сети передачи электроэнергии, соединяющей ветряные электростанции. В результате обширных исследований и наблюдений выявлены параметры, влияющие на настройку реле, одним из которых является увеличение количества ветроустановок.

Таким образом, в результате всех расчетов и исследований был предложен подход для разработки адаптивных настроек дистанционного реле для сети параллельной передачи электроэнергии, который во время качания мощности повышает надежность реле.

В [6] рассматривается способ защиты систем с помощью, направленной МТЗ с двумя характеристиками срабатывания: прямого и обратного направления. Этот метод позволяет избавиться от проблем с координацией защиты между собой, но не меняет основной принцип функционирования. Однако данный подход не уменьшает влияние ВИЭ на уровень тока КЗ.

В [7] предлагается настройка реле максимального тока для адаптивной системы МТЗ распределительных сетей. Изначально описывались способы, основанные на методе настроек с использованием функций, находящихся в реле. В качестве решения проблемы применяется программируемая логики разработанная для адаптивной системы МТЗ с использованием программируемой логики и математических операторов вместо функций, находящихся в реле.

Способы повышения эффективности РЗ в ЭЭС с ВИЭ согласно [8] заключаются в применении:

- сочетания направленной и ненаправленной токовой защиты;
- дифференциальной защиты и МТЗ на трансформаторах повышающей подстанции;
- быстродействующих защит для распределительных сетей;
- координация уставок РЗ.

В [5] рассматривается подход, который предусматривает замену предохранителя на ответвленной линии, идущей к потребителю с ВИЭ, на многофункциональные устройства повторного включения, а также добавление реле в точке соединения линий. Основная цель нового подхода - улучшить выявление сверхтоков с минимальными изменениями существующей схемы защиты. Подход решает проблему с некорректным срабатыванием и перегоранием предохранителей, однако остаётся не до конца решена проблема с возникновением механической усталости плавкой вставки предохранителей.

В [2] предлагается использование защиты на основе трехслойной искусственной нейронной сети, где первый слой определяет наличие неисправностей, второй слой указывает, в каком фидере произошла неисправность, третий слой точно определяет место КЗ. Использование искусственной нейронной сети позволяет обнаруживать и локализовать неисправности. Кроме того, эта схема за счёт разделения процесса на три различных последовательных подпроцесса позволило превратило сложную проблему в три более простых, что сделало ее более доступной для понимания и решения.

Время срабатывания данной схемы зависит от нескольких факторов, таких как инфраструктура связи и измерений. Следует отметить, что предлагаемая схема использует только величины токов, что уменьшает её чувствительность. Также защита на базе искусственной нейронной сети не заменяет основную релейную защиту, а является лишь резервной.

В [4] предлагается стратегия управления, которая регулирует выходной ток инвертора в зависимости от характера неисправности. Она заключается в том, что при большом провале напряжения, ВИЭ производит меньший ток.

Для смягчения воздействия ВИЭ на традиционную релейную защиту в электроэнергетической системе согласно [4] предлагается несколько методов, которые можно разделить на четыре основные категории:

1. Ограничение мощности ВИЭ: эти методы определяют максимальную мощность ВИЭ, которая не будет оказывать влияние на систему защиты. Этот метод не относится к желательным решениям, поскольку ограничивает внедрение ВИЭ, однако он является наиболее простым и дешевым.

2. Изменение системы защиты: эти методы основаны на использовании дополнительных выключателей или устройств повторного включения, реконфигурации сети либо использовании дистанционных или направленных релейных защит, которые обычно не используются в защите распределительных систем. Данный метод приводит к удорожанию схемы. Зато он не ограничивает внедрение ВИЭ, как первый метод.

3. Использование адаптивной защиты: в отличие от традиционной защиты в адаптивной защите реле могут связываться друг с другом и получать данные об изменениях в других участках сети. Кроме того, их настройки можно динамически регулировать. Минусы данного способа – это дороговизна системы защиты и потребность в высококвалифицированном персонале.

4. Использование ограничителей тока короткого замыкания: устройства представляют собой элементы, включенные последовательно, которые имеют незначительное сопротивление во время нормальной работы сети. Но во время короткого замыкания их сопротивление значительно увеличивается, что вызывает ограничение тока, протекающий через их ветви.

В статье [4] показывается, что даже небольшое количество ВИЭ в электроэнергетической системе вызывает нарушение селективности защиты. В частности, это может вызывать досрочное перегорание предохранителя при коротком замыкании до срабатывания системы АПВ.

Результаты моделирования показывают, что метод ограничения тока ВИЭ успешно решает проблему нарушения селективности во время короткого замыкания. Другое преимущество этого метода состоит в том, что он достаточно устойчива к помехам, не связанным с неисправностями.

В таблице 2 представлены методы, уменьшающие влияние ВИЭ на работу релейной защиты.

Таблица 2 – Методы, уменьшающие влияние ВИЭ на работу релейной защиты

Методы	Достоинства	Недостатки
Метод контроля напряжения	– Уменьшает влияние ВИЭ на ток короткого замыкания во время неисправности. – Простота, не требуется дополнительных затрат для реализации.	– Может не видеть разницу между падением напряжения во время неисправности и внезапным падением напряжения из-за изменения динамической нагрузки в переходном процессе. – Уменьшается эффективность данной схемы в зависимости от места КЗ. (Чем дальше КЗ от места контроля напряжения, тем менее эффективна схема, из-за снижения чувствительности защиты.)
Использование дистанционной защиты	– Менее подвержена влиянию изменений в сети. – Уменьшает вероятность ложного срабатывания. – Способна определять место КЗ: на защищаемой объекте и за защитой.	– Сложная, из-за наличия трансформатора тока и напряжения. Многоступенчатая. – Существует вероятность появления зон неустойчивости срабатывания на характеристике ДЗ.
Модифицирование схемы защиты	– При аварийном режиме эта защита ограничивает ток КЗ от ВИЭ. – Не ограничивает внедрение ВИЭ.	– Усложнение схемы, уменьшает надежность электроснабжения – Удорожание.
Использование направленной МТЗ с двумя характеристиками срабатывания: прямого и обратного направления	– Позволяет избавиться от проблем с координацией защиты между собой, не меняя основной принцип функционирования.	– Не уменьшает влияние ВИЭ на уровень тока КЗ.
Применение трехслойной искусственной нейронной сети	– Позволяет обнаруживать и локализовать неисправности. – Превращает слож-	– Увеличение времени срабатывания данной схемы. – Предлагаемая схема использует только величины токов, что уменьшает

	ную проблему в три более простые.	её чувствительность. – Не заменяет основную релейную защиту, а является лишь резервной.
Ограничение мощности ВИЭ	– Простота реализации.	– Ограничивает внедрение ВИЭ.
Использование адаптивной защиты	– Способны связываться друг с другом и получать данные об изменениях в других участках сети. – Настройки можно динамически регулировать	– Удорожание системы защиты – Потребность в высококвалифицированном персонале.

На основе проанализированных источников можно сделать вывод, что наиболее результативный метод – это использование адаптивных защит в совокупности с трехслойной искусственной нейронной сетью. Однако данный подход значительно усложняет систему, является ресурсозатратным и требует наличия высококвалифицированного персонала.

Таким образом, один из более эффективных способов уменьшения влияния ВИЭ на работу релейной защиты – координация уставок РЗ. Преимущество данного способа:

- не приводит к усложнению схемы, надежность системы не уменьшается;
- не требуется дополнительных затрат для реализации;
- быстродействие не изменяется;
- уменьшается влияние ВИЭ на ток короткого замыкания во время неисправности;
- используется в качестве основной защиты.

Список литературы

1 Андреев М. В. и др. Исследование влияния возобновляемых источников энергии на функционирование релейной защиты //Энергетика. – 2019. – Т. 19. – №. 4. – С. 34-40.

2 Neto F. C. P., Assis T. M. L., Ferreira V. H. Artificial Neural Network-Based Protection Scheme of Active Distribution Systems //2019 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference-Latin America (ISGT Latin America). – IEEE, 2019. – С. 1-6.

3Telukunta V. et al. Protection challenges under bulk penetration of renewable energy resources in power systems: A review //CSEE Journal of Power and Energy Systems. – 2017. – Т. 3. – №. 4. – С. 365-379.

4 Yazdanpanahi H., Li Y. W., Xu W. A new control strategy to mitigate the impact of inverter-based DGs on protection system //IEEE Transactions on Smart grid. – 2012. – Т. 3. – №. 3. – С. 1427-1436.

5 Funmilayo H. B., Butler-Purpy K. L. An approach to mitigate the impact of distributed generation on the overcurrent protection scheme for radial feeders //2009 IEEE/PES Power Systems Conference and Exposition. – IEEE, 2009. – С. 1-11.

6 Meliopoulos A. P. S. et al. Dynamic state estimation-based protection: Status and promise //IEEE Transactions on Power Delivery. – 2016. – Т. 32. – №. 1. – С. 320-330.

7 Piesciorovsky E. C., Schulz N. N. Comparison of Programmable Logic and Setting Group Methods for adaptive overcurrent protection in microgrids //Electric Power Systems Research. – 2017. – Т. 151. – С. 273-282.

8 Крамской Ю. Г., ВИЗ Н. Интеграция возобновляемых источников электроэнергии в электрические сети с применением силовой электроники //Энергия единой сети. – 2017. – №. 1. – С. 54-68.

9 Dubey R. et al. Adaptive distance relay setting for parallel transmission network connecting wind farms and UPFC //International Journal of Electrical Power & Energy Systems. – 2015. – Т. 65. – С. 113-123.

СПОСОБЫ АВТОМАТИЗАЦИИ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ

Маслов Е.П., Валиуллин К.Р., доцент, канд. тех. наук

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

В настоящее время для экономии электрической энергии всё чаще применяются автоматизированные системы управления (АСУ). АСУ позволяют на основе данных о состоянии окружающей среды выбрать оптимальное управляющее воздействие и тем самым получить максимальный полезный эффект с наименьшими затратами. В Российской Федерации на наружное освещение приходится порядка 5-10% от общей части потребления электроэнергии, что побуждает искать способы повышения энергосбережения и энергоэффективности [1].

Как правило, уличные фонари включаются на всю ночь, а днем они выключаются. Но в ночное время суток местами пропадает необходимость в освещении участков, где отсутствует какое-либо движение. Применение оборудования способного контролировать такие участки, позволит свести потребление электроэнергии к минимуму.

Существует множество способов автоматизации уличного освещения, которые имеют свои достоинства и недостатки.

Первый способ автоматического включения светильников наружного освещения – при помощи фотореле и автоматов включения[2].

При уменьшении освещенности в вечернее время сопротивление фоторезистора увеличивается, пороговое устройство в электронном блоке при заданном значении сопротивления срабатывает и подает напряжение на исполнительное реле, включая освещение. При увеличении освещенности сопротивление фоторезистора уменьшается и при определенном его значении пороговое устройство выключает освещение.

Из недостатков такого метода можно выделить постоянную предварительную настройку автоматов включения освещения, что в свою очередь приводит к дополнительным затратам, и отсутствие регулирования освещения в ночное время суток.

Второй способ – использование алгоритмов управления на основе методов нечеткой логики

Согласно этому методу[2] выделяют семь уровней мощности включения системы электроснабжения установок: 0%, 16,7%, 33,3%, 50%, 66,6%, 83,3%. Такие типы включения позволяют получать различные номиналы мощности. Переход из одного типа в другой осуществляется в соответствии с заданными правилами, которые учитывают следующие условия: календарный день года, текущее время суток, текущее расписание, значение уличной естественной освещенности.

Недостатки такой системы в том, что экономия происходит только в часы восхода/заката и составляет около 1% суточного потребления, все базы правил вводятся в ручную и никакой автоматизации в этом не предусматривается.

Третий способ – еще один способом управления с помощью искусственной нейронной сети. Данный способ более прост и лишен части недостатков предыдущего метода [3].

Нейронная сеть обучается по данным полученным с двух датчиков освещения: для каждого уровня естественной освещенности ИНС определяет уровень мощности осветительных установок, при котором поддерживается нормативный уровень освещенности. Процесс обучения по сути представляет собой аппроксимацию сложной нелинейной зависимости мощности осветительных установок от величины естественной освещенности при условии сохранения нормативной освещенности дорожного покрытия.

К недостаткам этого метода можно отнести постоянное увеличение базы и, как следствие, увеличение требуемого объема памяти.

Четвертый способ основан на программируемом реле времени [4]. Само управление осуществляется по сигналу датчика освещенности и астрономического таймера. Для экономии в ночное время суток производят отключение половины осветительных приборов, которые могут включаться, если подается сигнал от датчика движения.

Недостатки очевидны – эта система не позволяет контролировать лишь половину имеющихся светильников, а также прямолинейность программного кода уменьшает точность метода в целом.

Использование микроконтроллера позволяет лишь на одной маленькой микросхеме реализовать полнофункциональное устройство небольшого размера, притом с низким энергопотреблением, стоимость непосредственно готовых устройств становится все ниже.

Пятый способ – использование всего одного датчика освещенности, с которого считываются показания микроконтроллером, позволяет регулировать освещение [5].

Основными недостатками такой системы – экономия лишь в часы восхода или заката, которая составит 1% суточного потребления, и, в связи с одним задействованным датчиком, точность такой системы существенно мала.

Из положительных моментов выделяется простота всей системы в целом.

Шестой способ – модернизация предыдущего. Система, в которую добавили, помимо датчика освещенности, фотоэлектрический датчик, который, в свою очередь, позволяет контролировать включение света при пересечении луча датчика [6].

Добавление фотоэлектрического датчика позволило экономить не только в часы заката или восхода, но и в темное время суток.

Однако, такая система не позволяет отслеживать и контролировать параметры самого светильника.

Седьмой способ – улучшение предыдущего метода при помощи часов реального времени [7].

Уличное освещение включается в зависимости от интенсивности солнечного света и, если датчик освещенности имеет высокое значение сопротивления, включаются фонари, но если контроллер проверяет пиковое время (когда интенсивность движения высокое) и оно не соответствует

действительности (т.е. если считывается с датчика реального времени результат «не пиковое») фонари отключаются. Однако, когда на дороге появляется какое-либо транспортное средство, оно обнаруживается инфракрасным датчиком. В свою очередь, датчик подает сигнал микроконтроллеру на включение фонарей. После чего включается свет на 2-3 минуты и отключается автоматически по истечению времени. Таким образом поддерживается минимальная интенсивность без полного включения всех светильников.

Недостаток такого способа, как и предыдущего, заключается в отсутствии какой-либо связи с диспетчером.

Стоит сравнить все способы автоматизации по нескольким критериям:

- 1) Энергоэффективность – критерий потребления энергетических ресурсов;
 - 2) Надежность – свойство, показывающее безотказное и правильное действие;
 - 3) Простота – характеризует сложность системы при разработке;
 - 4) Адаптивность – способность системы самонастраиваться в зависимости от внешних факторов;
 - 5) Мониторинг – условие, позволяющее следить за системой удаленно;
- Весь анализ сведен в таблицу 1.

Таблица 1 – Анализ способов управления наружным освещением

Способ Критерий	I	II	Нейронная сеть		Микроконтроллер		
			III	IV	V	VI	VII
Энергоэффективность	Низкая	Средняя	Средняя	Средняя	Низкая	Высокая	Высокая
Надежность	Средняя	Высокая	Высокая	Высокая	Высокая	Высокая	Высокая
Простота	Простая	Простая	Сложная	Простая	Простая	Простая	Простая
Адаптивность	Средняя	Высокая	Средняя	Средняя	Низкая	Высокая	Высокая
Мониторинг	Есть	Есть	Есть	Есть	Нет	Нет	Нет

Таким образом, проведенный анализ показывает, что наиболее энергоэффективный способ автоматизации является система, управляемая микроконтроллером без использования нейронной сети. Это позволит управлять освещением не только перед закатом или перед восходом, но и в ночное время суток, когда нет необходимости в освещении.

Список литературы

1. Федеральный закон РФ от 23.11.2009 №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» // «Собрание законодательства РФ», 30.11.2009, № 48, ст. 5711.
2. Краснокуцкий, И.Н. Управление электропитанием светильников с использованием методов нечеткой логики / И.Н. Краснокуцкий – Омск / Научно-производственное объединение «МИР» / Вестник Южно-Уральский государственный университет – № 14; опублик. 2010. – С. 11-14
3. Валиуллин, К.Р. Интеллектуальная система энергоэффективного управления уличным освещением на основе нейросетевых технологий / К.Р. Валиуллин, Н.Г. Семенова – Оренбург / Вестник Оренбургского государственного университета – № 4; опублик. 2015. – С. 183-188
4. Ромодин, А.В., Лейзгольд, Д.Ю., Трушников, К.П., Лейзгольд, К.А. Разработка автоматизированной системы освещения/А.В. Ромодин, Д.Ю. Лейзгольд, К.П. Трушников, К.А. Лейзгольд – Пермь / Пермский национальный исследовательский политехнический университет / Журнал «Энергетика» – 2014. – С. 28-37
5. Sri, Tatavarthy Automated Street Lighting System / T. Santhi Sri, Rajesh Varma, V VS. Hari Krishna, K. Varun Chowdary – India / International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering – №8 /ISSN: 2278-3075 – pub. 2019.
6. Mustafa Saad, Automatic Street Light Control System Using Microcontroller / Mustafa Saad, Abdalhalim Farij, Ahamed Salah, Abdalroof Abdaljalil – Baniwalid- Libya / Conference: 1st International Conference on Machine Design and Automation / ISBN: 978-960-474-339-1 – pub. 2013.
7. Street Lights That Glow on Detecting Vehicle Movement [Electronic resource] – <https://content.instructables.com/pdfs/EI0/ECKY/JPX4RZ8C/Street-Lights-That-Glow-on-Detecting-Vehicle-Movem.pdf> – pub. 12.19.2018.

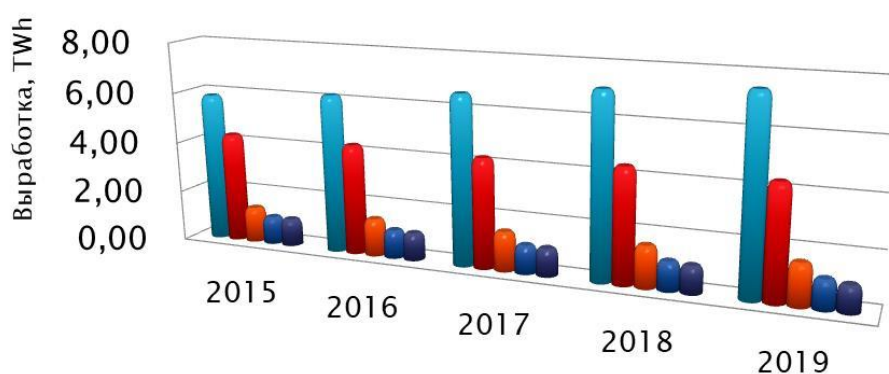
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВЕТРО-СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Митрофанов С.В., канд. техн. наук, доцент,
Бледных А.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Использование современных технологий для повышения энергетической эффективности альтернативных источников энергии для обеспечения бесперебойного энергоснабжения объектов является актуальной задачей. В последние несколько лет развитие альтернативной энергетики получило дополнительный импульс к развитию в связи с обостряющимся кризисом на рынке углеводородного сырья. Наибольшее распространение получило развитие солнечной и ветровой энергетики. На рисунке 1 показана выработка электроэнергии по годам ведущих мировых держав.

Рисунок 1 – Объем выработки электроэнергии ведущими мировыми державами

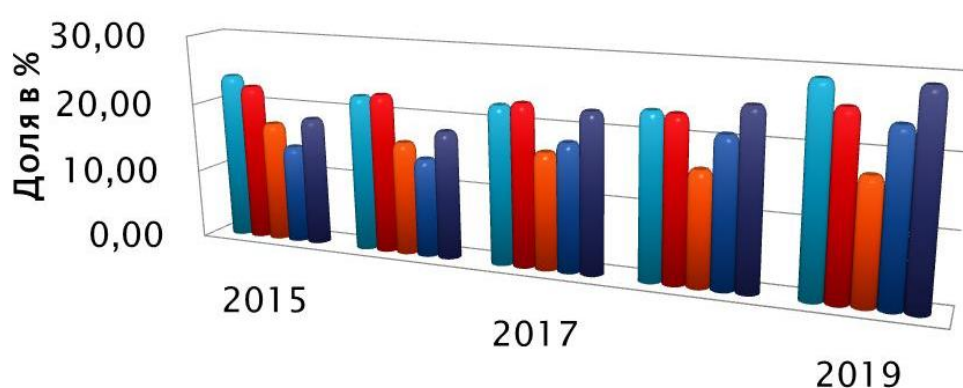


	2015	2016	2017	2018	2019
Китай	5,86	6,22	6,64	7,15	7,48
США	4,32	4,32	4,29	4,44	4,39
Индия	1,37	1,46	1,53	1,61	1,61
Россия	1,07	1,09	1,09	1,11	1,12
Япония	1,06	1,06	1,07	1,05	1,01

В современной России появляются новые энергетические установки, работающие на основе возобновляемых источников энергии. В настоящее время считается, что разработка альтернативных энергетических станций очень дорогостоящее мероприятие, но это направление все же необходимо развивать. Тарифы на тепловую и электрическую энергию медленно, но уверенно поднимаются вверх. Станции, работающие на возобновляемых источниках энергии, не могут сейчас конкурировать по себестоимости выработки электроэнергии с тепловыми и атомными станциями. Технологии, применяемые для строительства станций, работающих на возобновляемых ресурсах, пока являются дорого-

стоящим мероприятием. Однако стоит заметить, что строительство атомных и тепловых станций также обходится не дешево. После их постройки необходимо сжигать или потреблять не возобновляемые ресурсы, что ведет к снижению их запасов. Выбросы в атмосферу продуктов сгорания угля и газа вредит окружающей среде. Системы безопасности атомных станций должны обладать высокой многоступенчатой защитой. Установки, работающие на возобновляемых источниках энергии, не требуют дополнительного топлива и практически не наносят вред окружающей среде во время своей работы. Наиболее перспективным направлением в развитии возобновляемой энергетики является ветро-солнечная энергетика [1].

На рисунке 2 показана зависимость процента выработки электрической энергии ветро-солнечными станциями в общей доле выработки по годам.



	2015	2016	2017	2018	2019
Португалия	24,00	22,40	22,60	23,40	28,90
Испания	22,60	22,80	23,10	23,20	25,60
Италия	17,30	16,20	16,60	16,10	17,30
Великобритания	14,10	14,10	18,20	21,00	23,90
Германия	18,50	18,30	22,70	25,00	28,90

Рисунок 2 - Доля электроэнергии, вырабатываемая солнечными и ветряными электростанциями в общей выработке в %

Технологии совместного применения комбинированных энергетических станций (работающие одновременно от энергии ветра и солнца) мало изучены. Практика использования таких энергетических станций практически отсутствует. В зарубежной и отечественной научной литературе сегодня все чаще встречаются исследования, посвященные возобновляемой энергетике. Необходимо совершенствовать существующие технологии и подходы к проектированию комбинированных энергетических станций, снижая тем самым срок окупаемости. Для того чтобы не отстать от ведущих мировых стран в области возобнов-

ляемой энергетики, необходимо в настоящее время активно включиться в разработку новых технологий и подходов к проектированию комбинированных энергетических станций работающих на возобновляемых ресурсах. Кроме этого необходимо совершенствовать существующие технологии и подходы, снижая тем самым срок окупаемости. В настоящее время на территории Оренбургской области размещено несколько солнечных электростанций установленной мощностью около 300МВт, это позволяет Оренбургской области стать одной из ведущих площадок по развитию возобновляемой энергетики в России [2].

Как видно из рисунка 2 наиболее развито это направление в странах Европы. Прежде всего, это связано с двумя факторами:

поддержка развития возобновляемой энергетики на уровне государства (закупка электроэнергии по специальным ценам, представление беспроцентных субсидий);

малые разведанные запасы или полное отсутствие угле-водородного сырья для КЭС.

На рисунке 3 приведены страны, развивающие это направление.

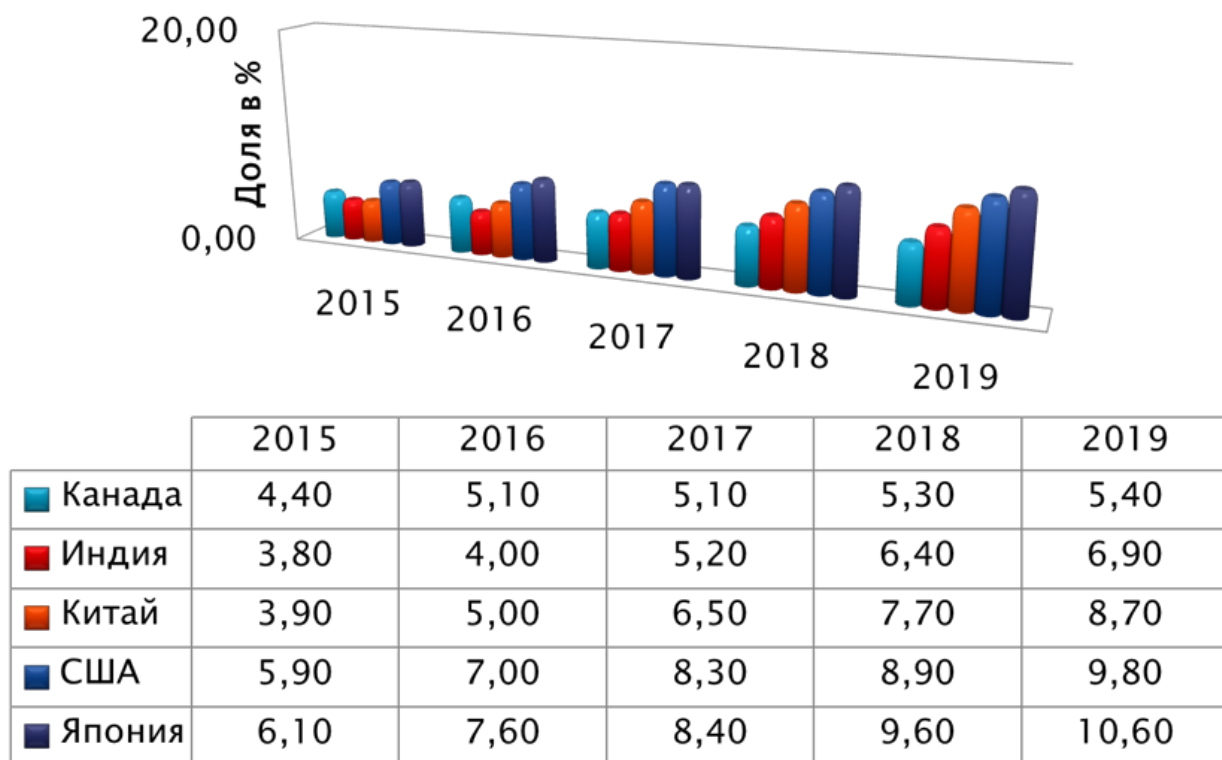
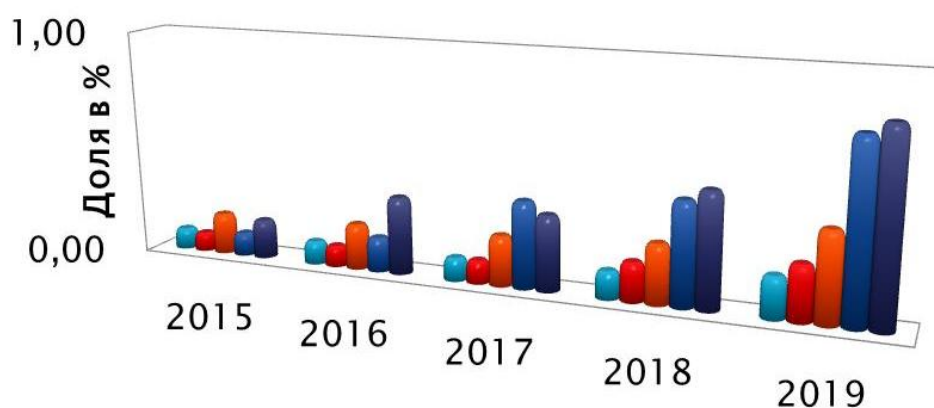


Рисунок 3 - Доля электроэнергии, вырабатываемая солнечными и ветряными электростанциями в общей выработке в %



	2015	2016	2017	2018	2019
Россия	0,09	0,10	0,10	0,12	0,18
Иран	0,08	0,09	0,10	0,17	0,24
Малайзия	0,18	0,20	0,22	0,26	0,39
Алжир	0,10	0,15	0,38	0,45	0,77
Казахстан	0,17	0,34	0,33	0,50	0,82

Рисунок 4 - Доля электроэнергии, вырабатываемая солнечными и ветряными электростанциями в общей выработке в %

Как видно из рисунка 3 страны, развивающие направление ветро-солнечной энергетики, имеют практически 10% долю выработки от всей электроэнергии. Кроме этого Китай, США, Канада и Индия имеют значительные запасы углеводородного сырья, по сравнению со странами, показанными на рисунке 2, однако продолжают развивать это направление.

На рисунке 4 показана доля выработки электроэнергии ветро-солнечными станциями России и ближайших по месту в мире странах. Из рисунка видно, что Россия занимает одно из последних мест в мире по развитию ветро-солнечных электростанций.

В России производство электроэнергии ветро-солнечных электростанций в 2019 году увеличилось на 50% по сравнению с 2018 годом. Доля выработки ветряных и солнечных станций в производстве электроэнергии в 2019 году составила всего 0,18%. Для сравнения в Германии и Португалии эта доля составляет 29%, в Великобритании 24%. Общемировая доля ветровой и солнечной энергии быстро и стабильно растет и уже достигла 8,5 %.

Проектированием ветро-солнечных электростанций необходимо заниматься с точки зрения повышения энергетической эффективности и уменьшения их сроков окупаемости. Для развития этого направления необходимо иметь в разработке научно-теоретические основы и инженерные методики проектирования комбинированных установок на основе возобновляемых источников энергии.

В настоящее время университет обладает необходимой научно-производственной базой для проведения долгосрочных экспериментов по повышению энергетической эффективности ветро-солнечных электростанций. Разработана и внедрена технология повышения энергетической эффективности солнечных электрических станций на основе поворотной системы слежения за Солнцем [2, 3, 4, 5]. Разработан программно-аппаратный комплекс [6]. Имеются наработки по ветроэнергетике [7].

После реализации эксперимента будут решены следующие задачи:

- будет разработана база данных качественных и количественных оценок потенциала применения возобновляемых источников энергии в регионе;
- разработано программное обеспечение, позволяющее выполнить подбор оборудования для проектирования комбинированной энергетической установки;
- результаты научно-производственных испытаний комбинированной установки на основе возобновляемых источников энергии будут внедрены на действующие промышленные объекты энергетики региона;
- будут разработаны опытные образцы:
 - а) подвижных платформ для размещения СБ с системой управления несколькими солнечными трекерами, обеспечивающие оптимальную работу СЭС;
 - б) макеты ветрогенераторов с вертикальной осью вращения, применительно к погодным условиям региона;
 - в) системы автоматизации и контроля комплексом источников электрической энергии на основе возобновляемых энергоресурсов.

Список литературы

1. Бледных, А. А. Перспективы развития ветро-солнечной энергетики в регионах [Электронный ресурс] / А. А. Бледных, С. В. Митрофанов // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.-метод. конф. (с междунар. участием), 23-25 янв. 2020 г., Оренбург / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. дан. - Оренбург : ОГУ, 2020. - . - С. 2664-2668. . - 5 с.
2. Митрофанов С.В., Немальцев А.Ю., Байкасенов Д.К. Перспективы повышения энергетической эффективности солнечной электростанции в условиях Южного Урала / В сборнике: Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии (Бенардосовские чтения). материалы международной (XX Всероссийской) научно-технической конференции. 2019. С. 200-203.
3. Митрофанов, С.В. Первичная апробация автоматизированного двухкоординатного солнечного трекера в климатических условиях Оренбургской области как перспектива создания программно-аппаратного комплекса / С.В. Митрофанов, А.Ю. Немальцев, Д.К. Байкасенов // Альтернативная энергетика и экология. – 2018. – № 7-9. – С. 43-54.
4. Немальцев А.Ю., Митрофанов С.В. Описание и принцип работы автоматизированного двухкоординатного солнечного трекера В сборнике: Энергетика:

состояние, проблемы, перспективы. труды VIII Всероссийской научно-технической конференции. 2016. С. 12-14.

5. Митрофанов С.В., Потехенченко А.В., Немальцев А.Ю. Использование микроконтроллеров в системе управления солнечным трекером В сборнике: Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры. Материалы Всероссийской научно-методической конференции. 2016. С. 345-347.

6. Солнечные электростанции с системами слежения за солнцем. Митрофанов С.В., Байкасенов Д.К., Немальцев А.Ю. В сборнике: Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры материалы Всероссийской научно-методической конференции. Министерство образования и науки РФ, ФГБОУ ВО "Оренбургский государственный университет". 2018. С. 2966-2970.

7. Сайт программно-аппаратного комплекса солнечной электростанции Оренбургского государственного университета // Программно-аппаратный комплекс СЭС – Режим доступа: <http://solartracker.do.am> – 5.12.2018.

8. Митрофанов, С. В. Разработка автоматизированной энергетической системы ветрогенератора роторного типа [Электронный ресурс] / Митрофанов С. В., Альжанов Д. А. // Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии (Бенардосовские чтения): материалы Междунар. (XX Всерос.) науч.-техн. конф., 29-31 мая 2019 г., Иваново / Иванов. гос. энергет. ун-т им. В. И. Ленина. - Электрон. дан. - Иваново: Иванов. гос. энергет. ун-т им. В. И. Ленина, 2019. - Т. II: Теплоэнергетика. - С. 291-294. . - 4 с.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОКЛАДКИ ТРАСС ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ

Нелюбов В.М., канд.техн.наук, доцент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

В статье рассматривается частная задача оптимизации при прокладке трассы кабельной сети для произвольного способа прокладки (в траншеях, в блоках, в каналах, в туннелях и коллекторах, в галереях и эстакадах) при радиальном способе прикрепления электропотребителей к источнику питания по критерию минимума затрат.

Пусть требуется осуществить электроснабжение двух электропотребителей, расположенных в пунктах В и С от источника питания (пункт А) по радиальной схеме, рисунок 1.

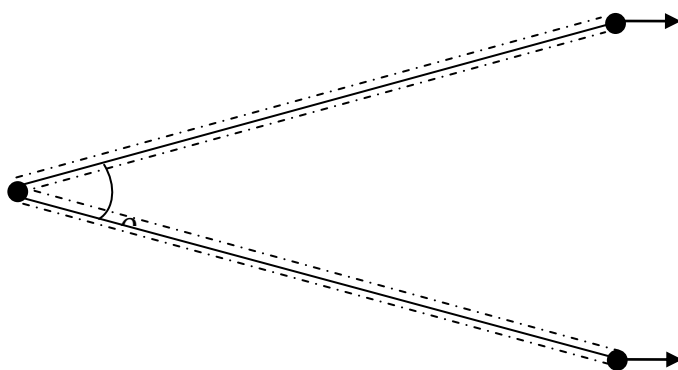


Рисунок 1 – Схема прокладки трасс в кабельных коммуникациях по кратчайшему расстоянию между источником и электропотребителями

Пусть определены: $AB=AC=L1$; $BC=L2$; угол α . Прокладку трасс предполагается осуществить одним из перечисленных выше способов.

Обозначим

z_0k – удельные затраты на стоимость единицы длины кабеля, руб/км;

z_0c – удельные затраты на сооружение единицы длины соответствующего кабельного сооружения (коммуникации), руб/км.

Тогда общие удельные затраты z_0 (руб/км) на прокладку кабельной трассы составят

$$z_0 = z_0k + z_0c. \quad (1)$$

Изображенный на рисунке 1 способ прокладки трасс по кратчайшему расстоянию от источника до электропотребителей не является оптимальным с точки зрения суммарных затрат, учитывающих стоимость самого кабеля и кабельных коммуникаций.

Возможен альтернативный способ организации кабельных трасс, изображенный на рисунке 2, который может привести к снижению затрат с учетом сокращения общей длины кабельных коммуникаций, что особенно актуально для кабельных сооружений с относительно большими удельными затратами (прокладка в блоках, каналах, туннелях, коллекторах и галереях).

При этом суммарная длина кабеля по сравнению с исходным вариантом несколько возрастает. Решение данной задачи относится к оптимизационным.

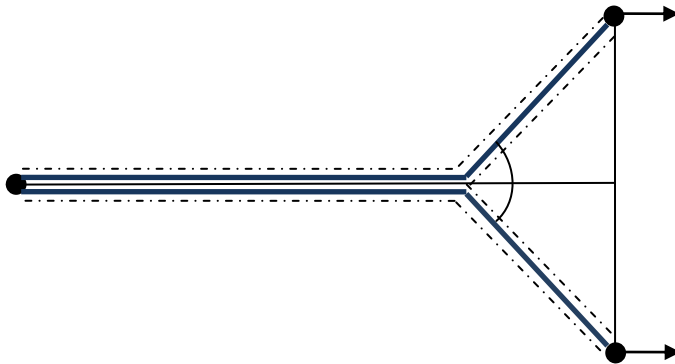


Рисунок 2 – Альтернативная схема прокладки трасс в кабельных коммуникациях

Суммарные затраты на сооружения кабельных трасс по альтернативному варианту составят

$$З = (z_{0c} + 2 \cdot z_{0k}) \cdot AE + 2 \cdot z_0 \cdot EB. \quad (2)$$

$$AE = AD - ED = \frac{L_2}{2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha_0}{2}} - \frac{L_2}{2 \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} = \frac{L_2}{2} \left(\frac{1}{\operatorname{tg} \frac{\alpha_0}{2}} - \frac{1}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} \right). \quad (3)$$

$$EB = \frac{L_2}{2} \cdot \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}}. \quad (4)$$

$$З = (z_{0c} + 2 \cdot z_{0k}) \cdot \frac{L_2}{2} \left(\frac{1}{\operatorname{tg} \frac{\alpha_0}{2}} - \frac{1}{\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}} \right) + 2 \cdot z_0 \cdot \frac{L_2}{2} \cdot \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}}. \quad (5)$$

Отсюда можно найти величину оптимального угла $\alpha/2$, приравняв нулю производную

$$\frac{dZ}{d\left(\frac{\alpha}{2}\right)} = 0, \quad (6)$$

$$\frac{dZ}{d\left(\frac{\alpha}{2}\right)} = (Z_{0c} + 2 \cdot Z_{0k}) \cdot \frac{L_2}{2} \cdot \frac{1}{\sin^2 \frac{\alpha}{2}} - 2 \cdot Z_0 \cdot \frac{L_2}{2} \cdot \frac{\cos \frac{\alpha}{2}}{\sin^2 \frac{\alpha}{2}} = 0. \quad (7)$$

После преобразования получим

$$(Z_{0c} + 2 \cdot Z_{0k}) \cdot \frac{L_2}{2} \cdot \frac{1}{\sin^2 \frac{\alpha}{2}} - Z_0 \cdot L_2 \cdot \frac{\cos \frac{\alpha}{2}}{\sin^2 \frac{\alpha}{2}} = 0. \quad (8)$$

Решая уравнение 8 с помощью Excel или MathCAD для конкретных значений исходных данных можно найти оптимальный угол α и прочие геометрические характеристики для оптимальной прокладки кабельных трасс.

Список литературы

1. Электрические сети и системы [Электронный ресурс]: учебное пособие для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника / В. М. Нелюбов, О. И. Пилипенко; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т", Каф. электро- и теплоэнергетики. - Оренбург: ОГУ. - 2018. - ISBN 978-5-7410-2204-7. - 188 с-.
2. Электроэнергетические системы и сети [Электронный ресурс]: практикум для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника / В. М. Нелюбов; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург: ОГУ. - 2019. - ISBN 978-5-7410-2447-8. - 101 с-.

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ФИЛЬТРО-КОМПЕНСИРУЮЩЕГО УСТРОЙСТВА РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Нелюбов В.М., канд. техн. наук, доцент, Коробов В.О.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Аннотация. В данной работе рассмотрена имитационная модель фильтро-компенсирующего устройства, которая позволяет производить анализ выбранных и оптимально распределенных фильтро-компенсирующих устройств в системе электроснабжения металлургического предприятия.

Abstract. In this paper, a simulation model of a filter-compensating device is considered, which makes it possible to analyze the selected and optimally distributed filter-compensating devices in the power supply system of a metallurgical enterprise.

Ключевые слова: Энергосбережение, энергоэффективность, фильтрокомпенсирующие устройства.

Keywords: Energy saving, energy efficiency, filter compensating devices

Для металлургического предприятия потребление электрической энергии обусловлено своевременным обеспечением технологического процесса требуемым качеством и количеством электроэнергии; наименьшими потерями и сохранением устойчивой работы потребителей электроэнергии. Основным мероприятием по повышению качества электроэнергии и увеличению эффективности электропотребления является компенсация реактивной мощности [1].

Известные математические модели по выбору ФКУ позволяют осуществить выбор мощности, и оптимальное распределение в системе электроснабжения металлургического предприятия [3].

Исходной информацией для разработки модели являются параметры и технические характеристики элементов (в том числе ФКУ), а также результаты экспериментальных исследований системы электроснабжения металлургического предприятия.

К ним относятся параметры источника электрической энергии, активное сопротивление линии электропередачи, технические характеристики понижающего и печного трансформаторов, а также характеристики рудно-термической печи РКО-16,5 и т.д [2].

Предлагаемая имитационная модель ФКУ создана в среде MatLabSimulink (рисунок 1) позволяет исследовать характеристики (величину $\cos\varphi$, активной и реактивной мощности, тока и напряжения электрической сети).

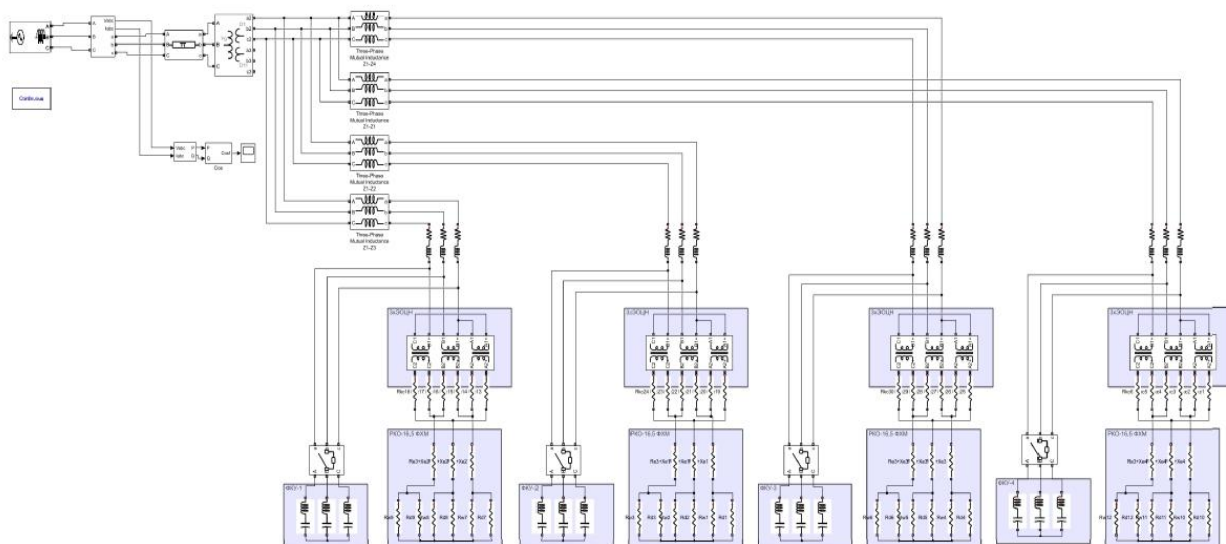


Рисунок 1 – Структурная схема модели ФКУ в системе электроснабжения металлургического предприятия

Для реализации поставленной задачи, используется подсистема “Измерительный комплекс”. Подсистема (рисунок 2) способна вычислять коэффициенты мощности $\cos\phi$ и $\tan\phi$, активную и реактивную мощности в точке распределения энергии между источником электроэнергии и потребителем.

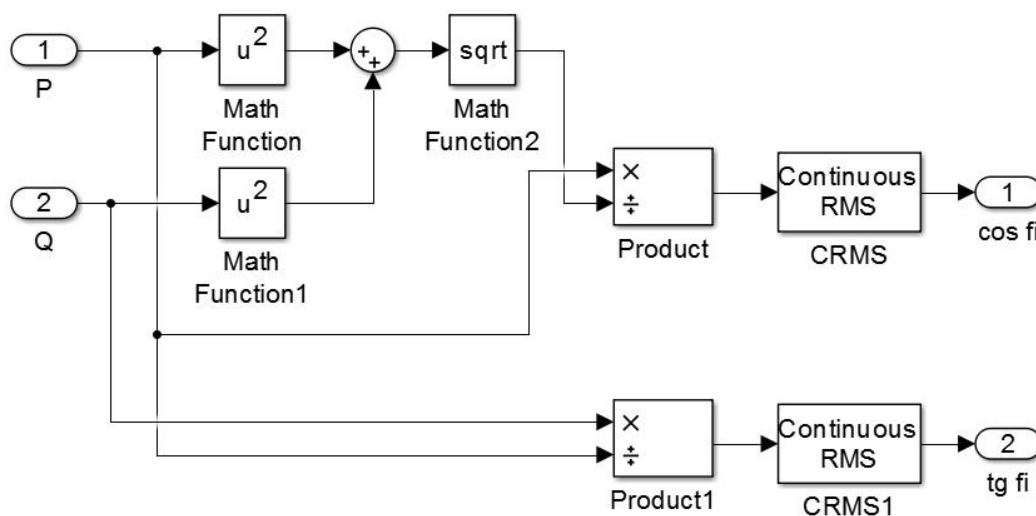


Рисунок 2 –подсистема “Измерительный комплекс”

Исследование описанной выше модели позволило проверить корректность разработанной ранее математической модели для выбора и оптимального распределения компенсирующих устройств в системе электроснабжения металлургического предприятия [3].

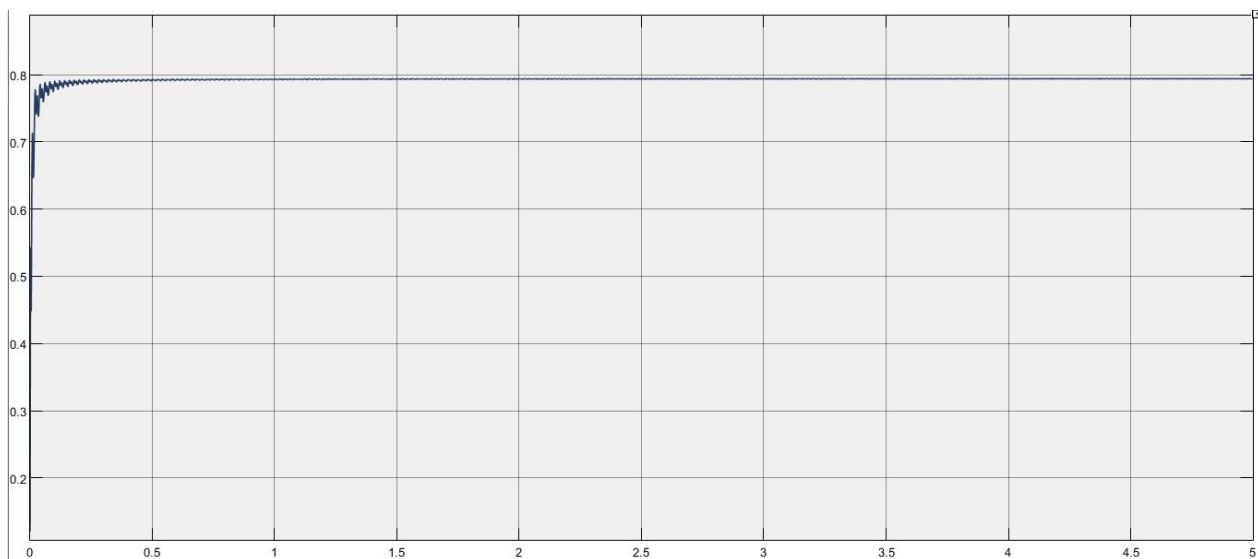


Рисунок 3 – График коэффициента мощности $\cos\varphi$ до ввода ФКУ

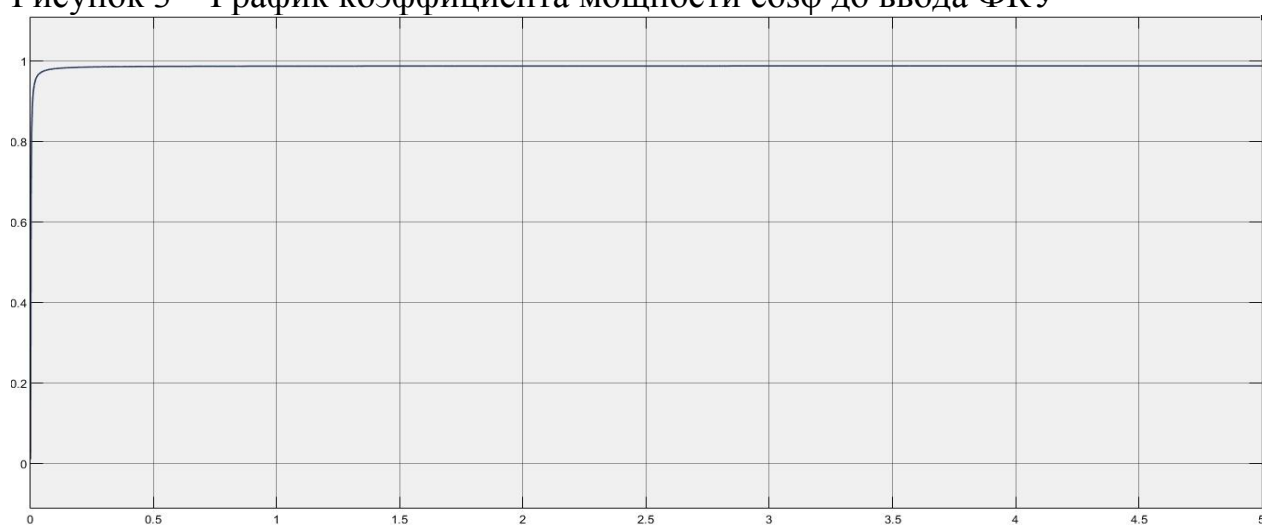


Рисунок 4 – График коэффициента мощности $\cos\varphi$ после ввода ФКУ

На рисунках 5 и 6 представлены графики имитационной модели и реального объекта (“ТФЗ”). Графики коэффициента мощности оценены по двум значениям которые представлены в таблице 1.

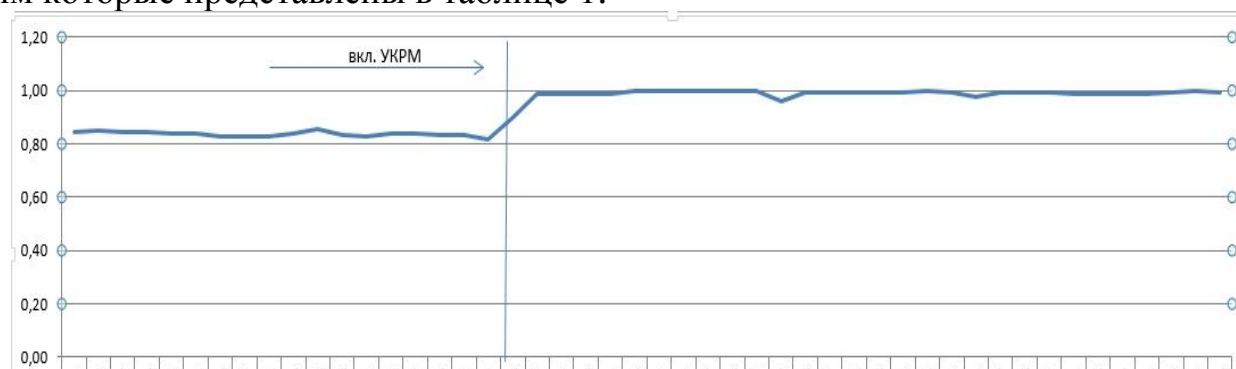


Рисунок 5 – График показателя коэффициента мощности $\cos\varphi$ реального объекта (Тихвинский Ферросплавный Завод)

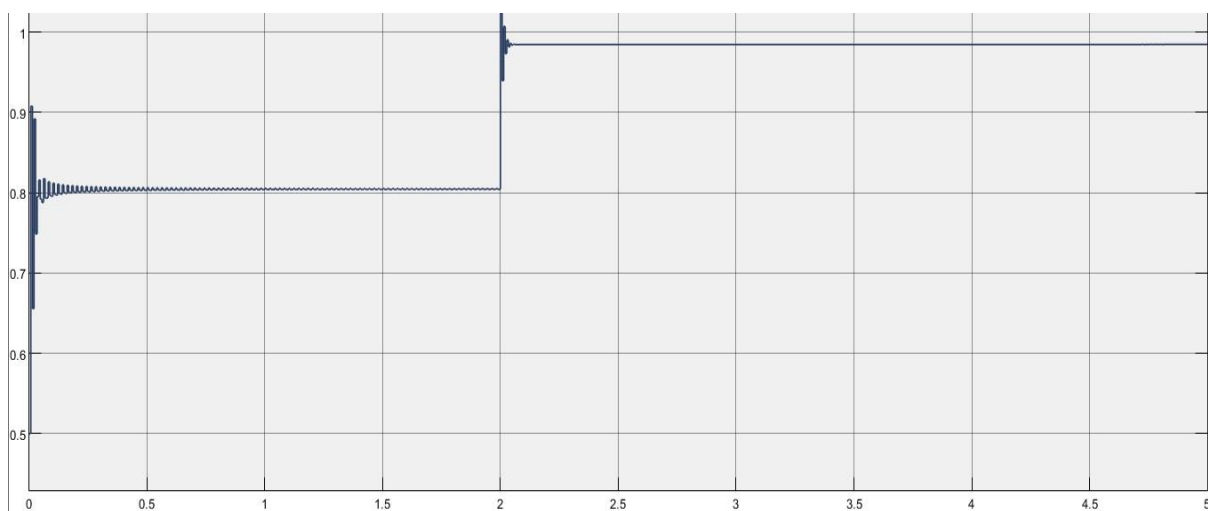


Рисунок 6 – График показателя коэффициента мощности $\cos\varphi$ имитационной модели

Таблица 1 – Значения изменения графиков $\cos\varphi$

		Модель- ное	Реальное
Значение $\cos\varphi$ до вкл. ФКУ	in.	0,78	0,82
	ax	0,80	0,85
Значение $\cos\varphi$ после вкл. ФКУ	in.	0,97	0,98
	ax	0,99	1

В среде моделирования MatLab Simulink, разработана имитационная модель системы электроснабжения металлургического предприятия с ФКУ.

Анализ полученных результатов моделирования процессов на основании математических моделей с использованием компьютерной математики MATLAB(Simulink) и их сравнение с реальным объектом, подтверждает адекватность предложенных математических и имитационных моделей. Расхождение результатов эксперимента и математического моделирования не превышает 5%. А также, достигнуто требуемое значение коэффициента мощности ($\cos\varphi$) соответствующее регламенту, приказом №49 Минпромэнерго России от 22.07.2007г [1].

Список литературы

1. Приказ № 49 от 22 февраля 2007 г. «О порядке расчета значений соотношения потребления активной и реактивной мощности для отдельных энергопринимающих устройств потребителей электрической энергии, применяемых для определения обязательств сторон в договорах об оказании услуг по передаче электрической энергии (договорах энергоснабжения)».

2. Обухов С.Г. «Математическое моделирование в системах электро-снабжения» /Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. –74 с.

3. Нелюбов В.М., Коробов В.О. / «Разработка математической модели для оптимального распределения компенсирующих устройств в точках подключения электродуговых сталеплавильных печей системы электроснабжения металлургического предприятия»/ Труды X Всероссийской научно-технической конференции «Энергетика: состояние, проблемы, перспективы»; Оренбург. гос. ун-т. – Электрон. дан. – Оренбург: ОГУ, 2019. – 551 с.

4. Нелюбов В.М., Коробов В.О. / «Реализация управления и индикации состояния ФКУ» / Труды X Всероссийской научно-технической конференции «Энергетика: состояние, проблемы, перспективы»; Оренбург. гос. ун-т. – Электрон. дан. – Оренбург: ОГУ, 2019. – 551 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ И ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Нуралиев С.А., Валиуллин К.Р., доцент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Согласно [1] исследования, проводимые в энергетической сфере, прогнозировали, что при существующих темпах научно-технического прогресса с 2020 г. органическое топливо (нефть, газ, и уголь) не будет удовлетворять всем потребностям мировой энергетики. В связи с этим работающие на традиционном топливе системы энергоснабжения будут в будущем не востребованы.

В [2] отмечено, что основным критерием в поисках новых источников энергии помимо сохранения и замены природных ресурсов является также улучшение экологической составляющей планеты.

В [3] отмечено, что варианты с применением энергии ветра, ресурсов водоемов, геотермальной энергии и энергии Солнца выглядят достаточно перспективными, если их рассматривать в качестве основных возобновляемых энергоресурсов в Российской Федерации. Также возможность использования вышеупомянутых энергоресурсов выглядит заманчиво и для близлежащих стран как Казахстан и Монголия, потому что, учитывая особенности их климата, природных условий и небольшой удельный показатель электропотребления, эти варианты выглядят достаточно подходящими.

Целевой показатель по освоению возобновляемых источников энергии Российской Федерации равен 4,5 % что достаточно мало в сравнении с другими развитыми государствами. Это демонстрирует также и низкий вклад России в энергетический баланс равный 1%.[4]

К основным факторам, сдерживающими внедрение ВИЭ на территории России, можно отнести:

- большие затраты в период строительства;
- нестабильность исходного носителя энергии во времени;
- малая удельная плотность носителя энергии;
- недостаточно хорошо сформированная нормативная база, которая регламентирует процессы проектирования, подсоединение и эксплуатацию возобновляемых источников энергии.

Рассматривая климатические условия на территории России можно прийти к выводу, что использование энергии Солнца является целесообразным. Проводя параллели со странами Европы, можно заметить, что в России также есть районы, с подходящими для эффективного использования энергии Солнца условиями, даже учитывая некоторые правила и обстоятельства при строительстве установок и ограничения, касающиеся холодного климата.

В ближайшие годы будущее солнечной энергетики в России будет направлено в сторону крупных (1 МВт и более) и малоформатных солнечных

электростанций для частного потребления или использования в промышленной сфере (15-150 кВт) чтобы удаленные местности тоже обеспечивались электроэнергией. [3]

В качестве альтернативных источников энергии в Оренбургской области развивают ветряную и солнечную энергетику. Учитывая благоприятные климатические условия и природные особенности региона, внедрение возобновляемых источников энергии выглядит амбициозно. В области уже функционируют одни из самых крупных солнечных электростанций в стране, а именно в Сорочинском и Новосергиевском районе суммарной мощностью около 105 МВт. Сорочинск и Новосергиевский район полностью питаются от этих электростанций. С использованием новых станций возможна экономия 40 тыс. тонн условного топлива, что сравнимо с 500 цистернами мазута. [5]

Солнечная энергия, поступающая на территорию России, например, за три дня превышает энергию годовой выработки. Кроме того, запасы ее неисчерпаемы и по критерию экологичности ей нет равных.

Того количества солнечной энергии, что поступает на поверхность России за условные три дня хватит чтобы превысить энергию выработки за целый год. Более того, запасы солнечной энергии являются неисчерпаемыми и по критерию экономичности являются самыми лучшими..

Несмотря на вышесказанное, есть один существенный недостаток.

Солнечное излучение, падая на земную поверхность, не имеет конкретной точки концентрации, для этого нужно его уловить и преобразовать в форму энергии, которая будет использована человеком. Помимо того, солнечную энергию необходимо запасать, для дальнейшего энергоснабжения в ночное время суток и пасмурные дни.

Несмотря на то, что солнечная энергия является бесплатной, получение электрической и тепловой энергии из нее обходится недешево. В связи этим специалисты делают всё возможное, чтобы усовершенствовать солнечные элементы и сделать их эффективнее. [1]

Преобразование солнечной энергетики подразделяется на два типа: преобразование в тепловую или в электрическую энергию. Также соответственно отличаются друг от друга и установки, которые данное преобразование осуществляют: в первом случае используются солнечные коллекторы, а во втором – солнечные батареи. Также стоит выделить еще и солнечные тепловые электропреобразователи, которые могут рассматриваться как промежуточное звено между двумя типами преобразований. [6] На рисунке 1 приведена блок-схема преобразователей солнечной энергии

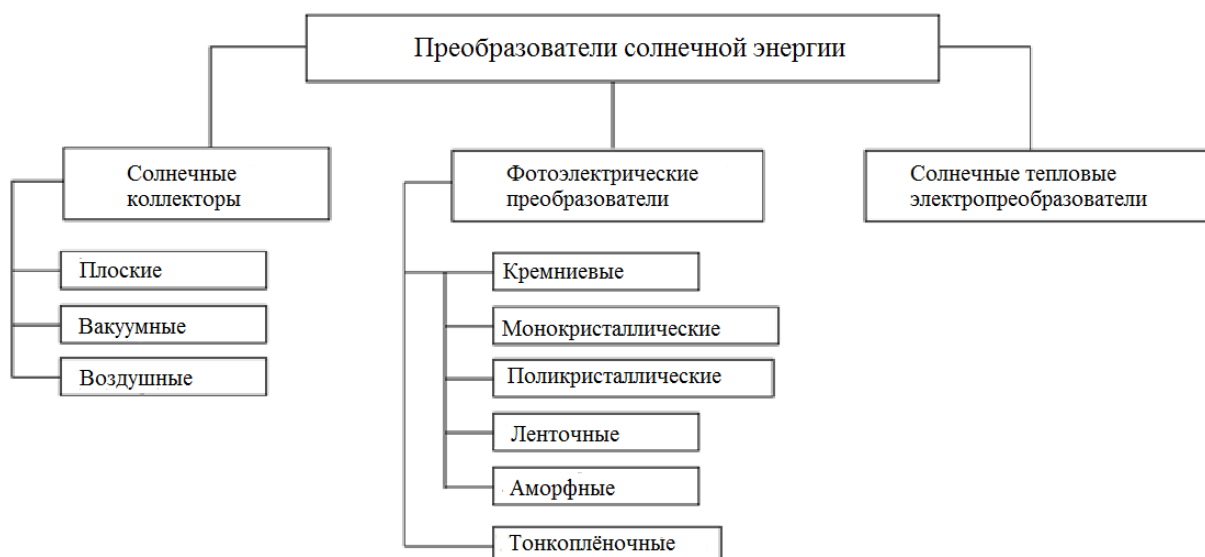


Рисунок 1. Преобразование солнечной энергии

В статье [7] на основании анализа установок, предназначенных для концентрации солнечного излучения, были рассмотрены методы концентрации солнечного излучения на территории Российской Федерации для выработки электрической энергии.

В Таблице 1 приведен сравнительный анализ характеристик солнечных установок.

Таблица 1. Сравнительный анализ солнечных установок

Установка	Достоинства	Недостатки
Плоский коллектор	- большая площадь абсорбера; - отношение апертурной площади к общей площади плоского солнечного коллектора; - низкая стоимость, простота изготовления; - возможность реализации режима принудительной оттайки выпавшего снега путем пропускания в течение нескольких минут горячего теплоносителя через солнечный коллектор; - способность улавливать как прямую, так и рассеянную радиацию; - стационарная установка без применения гелиоследящих устройств; - стоимость солнечной уста-	- хрупкость светопрозрачного листового покрытия; - низкий КПД при высоких температурах абсорбера; - возможность замерзания теплоносителя зимой; - низкая рабочая температура (максимальная рабочая температура теплоносителя (без застоя) не превышает 100 °С); - коррозия.

	новки можно существенно уменьшить путем совмещения конструкции кровли с плоским солнечным коллектором.	
Вакуумный коллектор	- высокая рабочая температура; - высокий КПД; - отсутствие вероятности заморозки (для пароконденсатных); - способность улавливать как прямую, так и рассеянную радиацию; - стационарная установка без применения гелиоследящих устройств; - отсутствие условий для коррозии.	- хрупкость светопрозрачного листового покрытия; - небольшая площадь абсорбера; - отношение апертурной площади к общей площади плоского солнечного коллектора; - высокая стоимость, простота изготовления; - невозможность реализации режима принудительной оттайки выпавшего снега без внедрения дополнительных систем.
Солнечная батарея	- использование при создании гибких мобильных модулей; - возможность наносить тонкие слои пленки на стекло не влияя на прозрачность поверхности.	- малая энергоэффективность; - короткий срок эксплуатации (10-15 лет)
Солнечная тепловая электростанция	- возможность выработки электроэнергии и тепла; - перспектива круглосуточной работы станции за счет аккумуляирования тепла при КПД более 40%.	- высокую себестоимость; - сложность эксплуатации.
Солнечная комбинированная электростанция	- наличие циркуляционных петель теплопредач; - относительно более надежный и металлоемкий двигатель; - возможность выработки электроэнергии и тепла;	- сложность эксплуатации; - низкий КПД 14%; - высокая стоимость оборудования; - длительные сроки окупаемости; - большая площадь застройки со снижением эффективности землепользования; - незначительное количе-

		ство полученного тепла;
Солнечные башни	- использование расплавленной соли, синтетических масел для хранения тепловой энергии; - высокая стабильность энергосистемы; - хороший уровень КПД 23-35 %.	- длительные сроки окупаемости;
Концентратор Стирлинга	- относительно высокий КПД 30%; - простота изготовления.	- выработка небольшого объема электроэнергии.
Конструкция линз Френеля	- наличие у каждого из зеркал системы слежения и привода; - низкая стоимость;	- длительные сроки окупаемости.

Исходя из проведенного анализа преобразователей солнечной энергии в электрическую и тепловую энергию и комбинированных электростанций, можно сделать вывод, что в настоящее время разработка автономных солнечных электростанций, способных осуществлять комбинированную выработку тепловой и электрической энергии является актуальной задачей. Совместная выработка двух типов энергии позволяет существенно повысить КПД системы в целом, а также расширить область применения подобных устройств. Еще одной проблемой, которую могут решить подобные комбинированные электростанции является обеспечение теплом и электрической энергией отдаленных районов страны, в которых невозможно организовать централизованное электроснабжение. В связи с вышеназванными причинами, цель работы, заключающаяся в разработке гибридной установки автономного электро- и теплоснабжения с использованием солнечных элементов является актуальной.

Список литературы

1. Уделл С. Солнечная энергия и другие альтернативные источники энергии / Уделл С. М.: Знание, 1980. 88 с.
2. Григораш О.В. Автономные источники электроэнергии: Состояние и перспективы / О. В. Григораш, С. В. Божко, А. Ю. Попов и др. – Краснодар 2012. с. 174.
3. Сурков М.А., Лукутин Б.В., Сарсикеев Е.Ж., Киушкина В.Р. Мировые тенденции в области построения автономных систем электроснабжения с использованием возобновляемых источников энергии // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» 2012. № 4. <http://naukovedenie.ru/PDF/42tvn412.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус.

5. Попель О.С. Возобновляемые источники энергии роль и место в современной и перспективной энергетике // Рос. хим. ж (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева), 2008, т. LII, №6.
6. Жаксылыков Е. С., Акулова А.Ш. Роль альтернативной энергетики в экономическом потенциале Оренбургской области // **Международный Научный журнал "Символ науки". 2019. №10. С. 26.**
7. Альтернативные энергоносители / М.В. Голицын, А.М. Голицын, Н.М. Пронина. Отв. ред. Г.С. Голицын. М.: Наука, 2004. 159 с.
8. Рахматулин И.Р., Кирпичникова И.М. Перспективы использования различных конструкций солнечных концентраторов на территории Российской Федерации // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2017. Т. 21. № 2. С. 127–136. DOI: 10.21285/1814-3520-2017-2-127-136

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ СОКРАЩЕНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ

Посягина Т.А., канд.пед.наук; Федоров С.В., канд.техн.наук

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»,
Кумертауский филиал**

Как писал Аристотель, мир делается богаче не только путем увеличения к тому, что они приобрели, но и путем понижения затрат. Сделать предпочтительней больше с минимальными расходами – это положение представляется актуальным во все времена. Все же позиция о масштабной экологической проблеме на планете Земля в результате хозяйственной работы человека является важной в связи с переменной внешней среды на Земле в сторону потепления. Хотя работа Киотского протокола, регламентирующего условия на выброс парниковых газов, и продлена до 2020 года, но Россия в новом периоде ответственности, выступать, не готова в силу политических факторов. Так что Закон РФ «Об энергосбережении и о увеличении энергетической эффективности» от 23.11.2009 № 261-ФЗ мы рассматриваем как средство уменьшения использования энергии в масштабе страны, определяющий разработку юридических, технических и экономических мер, направленных на фактическое использование энергетических средств и применение возобновляемых источников энергии [4]. При этих ситуациях чуть ниже остановимся, более развернуто на отметивших в законе, мерах.

В первую очередь выделим правовой взгляд энергосбережения. В этом смысле вышеупомянутый закон в праве считать, как правовой орган ресурсосбережения, смена редких энергоносителей новыми, более приемлемые и не дорогими. В соотношении с этим приведем пример явно подтверждающий решения уже его разработки. Так 26 апреля 2018 году в Санкт-Петербурге произошло Всероссийский совет региональных центров по энергосбережению, где более 250 специалистов из 31 региона России примерами разработанных программ успешно подтвердили, что энергосбережение представляется не только средством, но и в конкретном значении стратегической возможностью для реализации мощной экономики страны [3]. Кроме того, получившие меры способствуют сэкономить не только энергоресурсы, но и дает право за счет сэкономленных денежных средств получить развитие разработки, а также уменьшить ресурсы на личные потребности.

Далее остановимся на техническом взгляде. В роли первоначального случая потребности технического улучшения из области энергетики приведем не минуемые убытки при передаче электроэнергии. Их пытаются уменьшить как минимум в 1,5 раза, с настоящих 12 % до 10 % в 2020 г. и 8 % к 2030 г. Экономия здесь может быть приобретена как за счёт технической новизны, так и в следствии роста плотности сетей за счёт создания дополнительных ЛЭП, которое, к тому же, увеличивает надёжность электроснабжения [1].

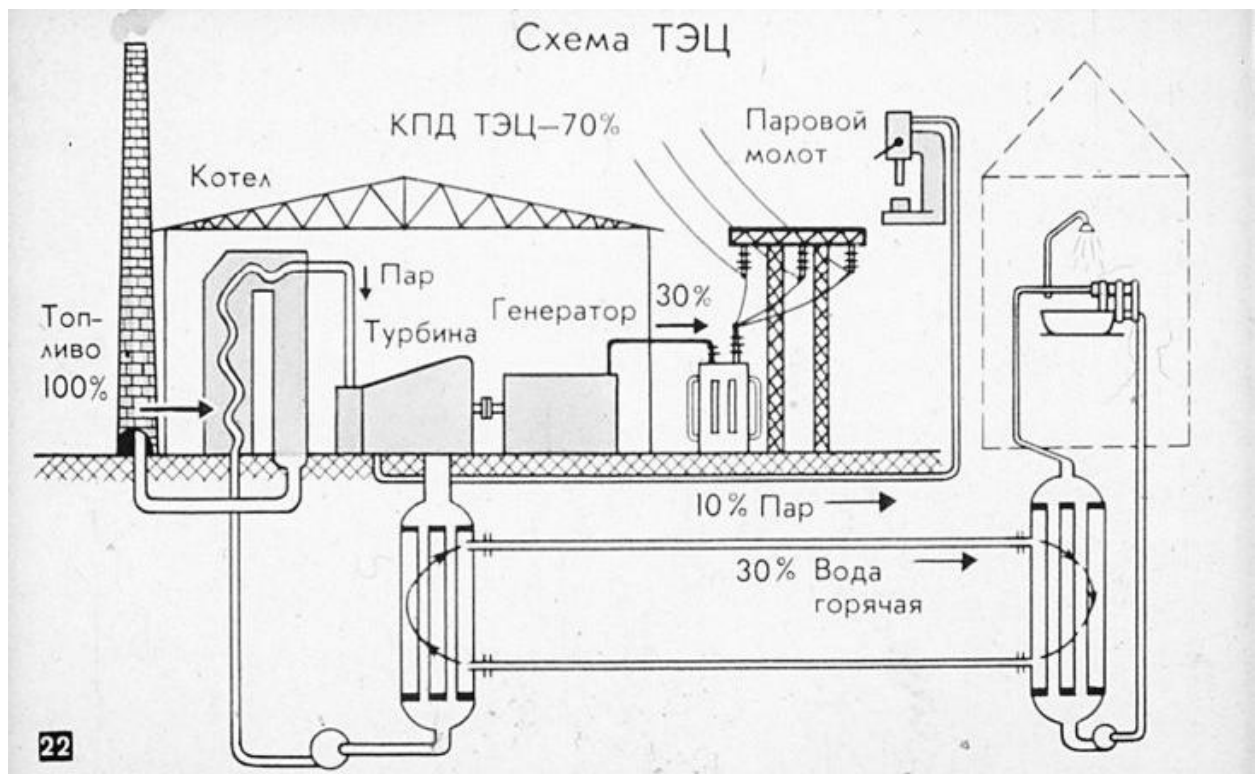


Рисунок 1 Схема ТЭЦ

Следующий случай из области генерации электроэнергии, где возможное увеличение КПД среднем на 10 % дает объединенное производство электроэнергии и тепла (Рисунок 1), возможности производства парогазовых установок с когенерационным режимом в обмен паросиловых установок, служивший в конденсационном режиме. Следующий пример – это сжигание газа в факелах, уже давно оказавший «визитной карточкой» российского нефтегазового предприятия, когда легче получить «сливки», а попутный газ сжечь. Исходя из этого, одно из важных сторон квалифицированного применения аналогичного нефтяного газа представляет собой сжигание его в энергетических установках для выработки электрической и тепловой энергии. На сегодняшний день процент использования его в цивилизованных странах – США, Канаде, Норвегии – является от 99 до 100 %, тогда как в России, странах Ближнего Востока и Африки в большей степени попутного газа, к несчастью, сжигается в факелах.

В конечном итоге, под проведением экономических мер предполагается вовлечение денежных средств для преобразования и увеличения энергетических мощностей, на техническое развитие, на создание новейших и улучшение уже находящихся энергетических объектов, на получение и установку приборов учета энергии. Финансово-экономическое управление государства в сфере энергосбережения находится в разработке стимулирующих механизмов заинтересованности и положительных ситуаций для продвижения энергосберегающих операций компаниями и их подрядчиками топливно-энергетических ресурсов

[2]. Сюда же относятся не только материальные, экономические, налоговые и другие льготы и вознаграждения физическим и юридическим лицам, запускающие энергосберегающие технологии, но и льготное кредитование банками новых программ в сфере энергосбережения, а также организации компании штрафных санкций за неразумное использование топливно-энергетических средств.

В итоге заметим информационную помощь в создании операций по энергосбережению на уровне вуза по воспитанию молодого поколения и участие государства в создании ее пропаганды. Энергосбережение - это наиболее экономичный в текущий момент «источник» энергии и средство для ее экономии. Следовать взгляду «выполнить больше с меньшими расходами» будет правильно для всех.

Список литературы

1. Белоусов, В.Н. Энергосбережение и выбросы парниковых газов (CO₂): учебное пособие / В.Н. Белоусов; С.Н. Смородин; В.Ю. Лакомкин; СПбГТУРП. – СПб., 2014. – 52 с.
2. Кокорин А.О., Федоров А.В., Сенова О.Н., Чупров В.А. Меры по снижению в России выбросов парниковых газов и приоритеты работы российских неправительственных организаций. – М., 2012. WWF России.
3. Никитин, П.Б. 5 факторов, влияющих на эффективную реализацию проектов по энергосбережению/ П.Б. Никитин // Энергосбережение. – 2018 - №8, С. 20-22.
4. Полонский, В.М. Энергосбережение: учебное пособие / В.М. Полонский; М.С. Трутнева – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2005. – 160 с.

ПОДХОД К ПОНИМАНИЮ ПРИРОДЫ МАГНИННОГО ПОЛЯ

Саликов М.П. канд.техн.наук, доцент,
Ямансарин И.И. канд.техн.наук

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

190 лет назад произошло знаменательное событие. 24 ноября 1831 года член Лондонского Королевского общества (Британской Академии наук) М. Фарадей сделал в Лондоне доклад «Об индукции электрических токов», содержание которого стало одним из величайших открытий в физике и чрезвычайно ускорило развитие учения об электричестве. Суть открытого М. Фарадеем физического явления заключается в возможности создания электрического тока в проводнике не подключая его к источнику тока – гальванической батарее, а изменяя ток в рядом расположенном другом проводнике или при перемещении испытуемого проводника у полюса магнита. Автор открытия называет физическую среду, объединяющую оба проводника или проводник с полюсом магнитным полем, вводит понятие «магнитных кривых», т.е. силовых линий магнитного поля и указывает на изменение магнитного поля как условие наведения (индукции) тока.

Автор открытия из семьи кузнеца. Не имел возможности окончить начальную школу. Начал работать в переплётной мастерской и лишь в возрасте 22 лет в 1813 году устроился помощником к известному химику Г. Деви. До конца своих дней М. Фарадей не знал классического математического анализа. Имел слабую память, на что постоянно жаловался. В своих дневниках «Экспериментальные исследования по электричеству» в двух томах объёмом 1100 с., в которых систематизировал выполненные эксперименты, даны их обсуждения и выводы, нет ни одной математической формулы. Математическое «оформление» идей Фарадея в дальнейшем выполнил другой выдающийся английский физик Д. Максвелл, который находил описательные рассуждения Фарадея глубоко математичными, но на особом математическом языке, аналогичном языку современной топологии.

Открытие явления и закона электромагнитной индукции, введение понятия магнитных силовых линий свидетельствует о гениальной интуиции Фарадея и образности его мышления, об обладании даром находить аналогию исследуемому явлению в привычной жизни. А вот если бы он тратил время на постижение математики, ему бы, возможно, не хватило ни времени, ни сил на открытие. Его сделал кто-либо другой, но позже.

Видимо не случайно многие известные учёные в этом отношении похожи на Фарадея. Так, основоположник ядерной физики Э. Резерфорд и основоположник научной космонавтики К.Э. Циолковский не знали высшей математики. А лауреат Нобелевской премии, академик АН СССР В. Гинсбург даже признавался, что слаб в арифметике. Д.И. Менделееву математика не понадобилась, поскольку своё открытие он совершил во сне без использования формул. Осно-

воположник биологической эволюции Чарльз Дарвин плохо учился в школе и его родители после жалоб учителей говорили ему «Ты позор нашей семьи!»

Чем же замечательно открытие Фарадея? - Оно упростило процесс получения электрического тока (электрической энергии) и процесс передачи электрической энергии на большие расстояния, обеспечило доступность и дешевизну пользования электричеством. Открытие послужило толчком для создания громадной отрасли народного хозяйства под названием «Электротехническая промышленность». Тысячи высококвалифицированных специалистов во всём мире заняты разработкой методик расчёта, проектированием, изготовлением и испытанием порой уникальных электрических генераторов, трансформаторов, двигателей, приборов и аппаратов, магнитов. И во всех этих устройствах имеет место явление электромагнитной индукции. Устройства работают десятилетиями, а методики расчёта в большинстве случаев оказываются верными. –Почти двухсотлетний опыт не даёт ни малейшего сомнения в действии закона электромагнитной индукции! Что же здесь непонятного?

А непонятна физическая суть явлений, обуславливающих действие закона электромагнитной индукции. Вот некоторые вопросы, которые официальная наука и учебники оставляет без ответа:

- что есть электрический заряд и каким образом он создаёт вокруг себя электрическое поле? Что представляет собой электрическое поле;

- каков механизм действия электрического поля на электрический заряд,двигающий заряд и создающий электрический ток?

- Что есть магнитное поле и почему оно создаётся только движущимися зарядами, т.е. током?

- Почему ток наводится именно изменяющимся магнитным полем, а не постоянным, даже очень большой величины?

- Каков механизм притяжения разноимённых и отталкивания одноимённых полюсов магнитов?

На вопросы о поле учебники отвечают так: «поле-это особый вид материи» или «поле, безусловно, материально». Физическая же суть физического явления под названием «поле», создающая эту особость, оставляют в «тени».

Про магниты отвечают повторением слов вопроса и картиной силовых линий. Но силовых линий в природе не существует. Это графический приём, не объясняющий процесс притяжения или отталкивания!

Итак, в учебниках физики и электротехники внятных ответов на эти вопросы нет, что не допустимо. Между тем, состояние современной теоретической физики, которая обязана вскрыть природу этих загадочных явлений, подвергается критике. Наиболее обстоятельно и аргументировано критический материал изложен в [1]. Здесь же приведены обоснования к возврату на новом уровне знаний к понятию эфира как всепроникающей среды. Почему употреблено слово «возврат»? Оказывается, ещё в 19 веке Д. Максвелл свои уравнения выводил, пользуясь понятием эфира в виде идеальной жидкости. В [1] рассматривается газоподобный эфир, состоящий из хаотично движущихся мельчайших частиц и заполняющий мировое пространство. По мнению автора, частицы,

названные им амерами, т.е. безмерными, могут двигаться линейно, создавая электрическое поле и участвовать в вихревом движении образуя магнитное поле. Пролетая через вещество амеры оказывают очень слабое толкающее действие на электроны, протоны и нейтроны вещества или слабо поглощаются ими.

Многочисленные попытки обнаружить эфир экспериментально с помощью оптических интерферометров дали отрицательный результат. Эфир не был обнаружен. Это послужило основанием для разработки А. Эйнштейном математической абстракции, которая в последствии была названа специальной теорией относительности, хотя впоследствии, в работе «Об эфире» он же утверждал, что эфир необходим для математических построений.

И вот прошло время. В 2003г. появилось сообщение [2], из которого следует, что применённые ранее интерферометры дают существенную погрешность, учет которой при пересмотре ранее полученных данных дал положительный результат. Эфир обнаружен! Интересно, что сообщение об этом академия наук рассматривать не стала.

В связи со сложившейся неопределённостью авторы предлагают другой, не оптический способ обнаружения эфира в виде движущихся в вихре амеров поля (рисунок 1).

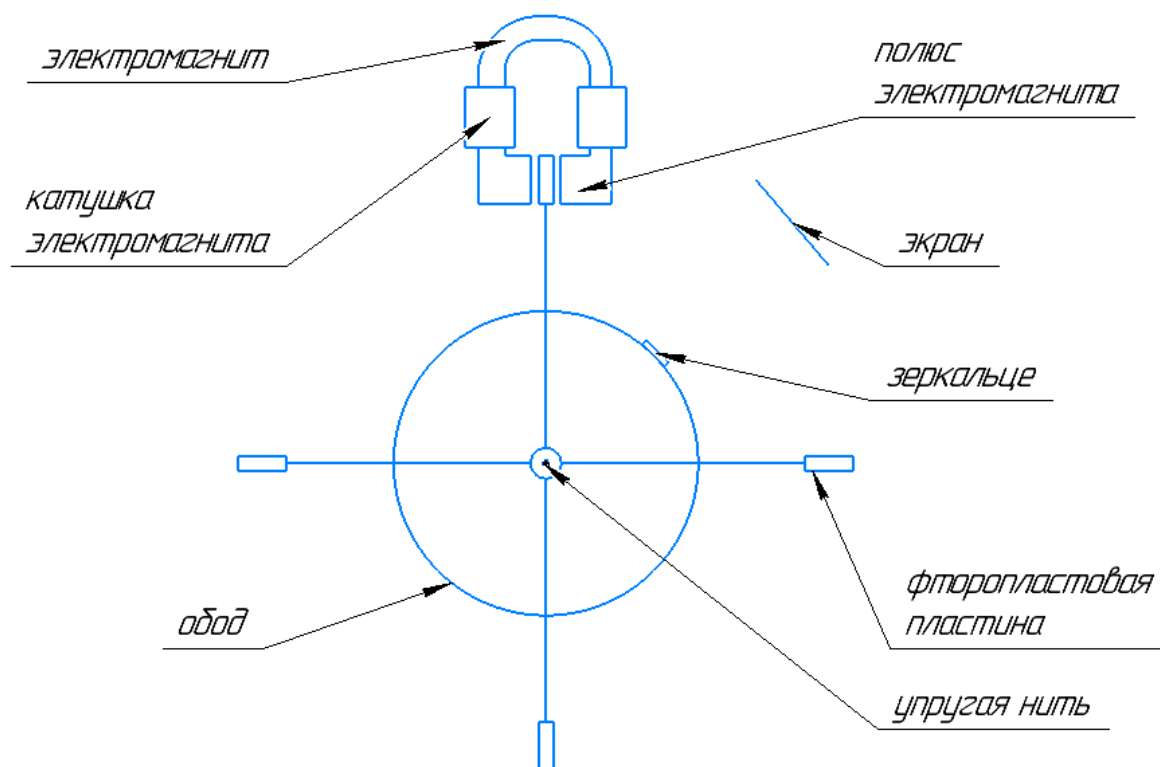


Рисунок 1 – К пояснению способа обнаружения эфира

Поскольку результат ожидается слабо выраженным, в опыте предлагается максимально повысить чувствительность использованием видеоизменённых крутильных весов, нескольких электромагнитов [3], направление тока в которых будет меняться на противоположное с учётом момента инерции подвижной части. На подвижной части крепится лёгкое зеркальце. Материал, в котором по

предположению будут тормозиться амеры, должен быть плотным хорошим ди-электриком.

Список литературы

- 1 Ацюковский В.А. Материализм и релятивизм. Критика методологии современной теоретической физики. Издательство Инженер М.: 1993. 191 с.
- 2 Газета Дуэль №3 (300) Теория относительности – триумф политической физики: Режим доступа: <https://duel-gazeta.livejournal.com/1725033.html>
- 3 Карцев В.П. Магнит за три тысячелетия / М.: Атомиздат. – 1978. 159 с.

КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПО ЗНАЧЕНИЮ КОЭФФИЦИЕНТА РОСТА НАГРУЗКИ

Семенова Н.Г. д-р пед. наук, профессор, Игнатьев Н.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Составление перспективного плана развития системы электроснабжения предприятия (СЭС) чаще всего составляется на период от одного года до десяти лет. Ключевым моментом при составлении кратко- средне- и долгосрочного плана развития СЭС является состояние и перспективы развития самого предприятия: будет ли в этот период осуществлена модернизация, реконструкция, расширение или сокращение производства, т.е. определение будет ли рост потребления электрической энергии предприятием или нет.

При изучении научно-технической литературы, нами было замечено, что все системы электроснабжения предприятий, в зависимости от значения коэффициента роста нагрузок $K_{рн}$, можно условно разделить на три основные группы[1]. Под *коэффициентом роста нагрузки* понимаем отношение потребления электроэнергии предприятия в расчетном году P_p к потреблению электроэнергии в предыдущем P_u :

$$K_{рн} = \frac{P_p}{P_u} \quad (1)$$

Нами выделены следующие группы предприятий:

- *Развивающиеся* - к этой группе относятся предприятия в которых увеличивается потребление электроэнергии за счёт увеличения собственного производства, модернизации или его реконструкции. Соответственно, для этой группы коэффициент роста нагрузки будет больше 1, $K_{рн} > 1$;

- *Стабильно функционирующие* - к этой группе относятся большинство предприятий, стабильно функционирующих, которые выстроили свой производственный процесс. Для этой группы коэффициент роста нагрузки будет примерно равен 1, $K_{рн} \approx 1$;

- *Угасающие* - к этой группе относятся предприятия, в которых произошло уменьшение потребления электроэнергии за счёт изменения технологического процесса, уменьшения спроса на продукцию предприятия, сокращение цехов и т.д. Для этой группы коэффициент роста нагрузки будет меньше 1, $K_{рн} < 1$;

В работе рассматриваются объекты коммунально-сетевого предприятия ООО «Оренбург водоканал». Объектами являются *повышающие насосные станции* (ПНС), которые расположены в разных районах города. Повышающая насосная станция предназначена для обеспечения требуемого уровня давления в водоснабжающей сети. Они оснащены асинхронными электродвигателями, которые входят в состав насосного агрегата и потребляют основную часть электроэнергии объекта. Так же в состав входят блоки управления, устройства автоматики и датчики, с помощью которых обеспечивается заданное давление. В

таблице 1 представлены значения потребляемой мощности рассматриваемых ПНС за период с 2016 по 2020 гг.

Таблица 1 – Потребление электроэнергии объектов

№п/п	Название объекта	2016 г	2017 г	2018 г	2019 г	2020г
		Потребляемая мощность P , тыс./кВт				
1	ПНС "18 мкр." ул. Салмышская	118,451	109,871	108,770	94,374	85,587
2	ПНС 4-го подъёма	62,769	80,020	102,382	209,149	283,784
3	ПНС ул. Чкалова, 23мк	82,956	83,223	72,370	68,094	59,256
4	ПНС ул. Розы Люксембург	125,494	148,312	140,620	168,271	184,876
5	ПНС ул. Заречная	15,152	14,023	16,436	15,523	15,634

Расчет коэффициентов роста нагрузки ПНС, расположенных в разных районах г. Оренбурга, за период с 2016 по 2020 г.г. представлен в таблице 2. В последнем столбце этой таблицы представлен результат определения типа ПНС по значению $K_{рн}$.

Таблица 2 – Классификация СЭС объектов

Таблица 2 – Классификация ОСО объектов						
№п/п	Название объ-екта	2016г-2017 г	2017г-2018 г	2018-2019 г	2019г-2020г	Тип ПНС
		$K_{рн}$				
1	ПНС "18 мкр." Ул.Салмышская	0,92 < 1	0,99 ≈ 1	0,87 < 1	0,9 < 1	Угасающие
2	ПНС 4-го подь-ёма	1,29 > 1	1,27 > 1	2,04 > 1	1,13 > 1	Развивающаяся
3	ПНС Ул. Чка-	1,01 ≈ 1	0,86 < 1	0,94 < 1	0,86 < 1	Угасающие

	лова, 23мк					
4	ПНС Ул. Розы Люксембург	1,18 > 1	0,94 < 1	1,2 > 1	1,09 > 1	<i>Развивающаяся</i>
5	ПНС Ул. За-речная	0,93 < 1	1,14 > 1	0,93 < 1	1,007 ≈ 1	<i>Стабильно функционирующие</i>

Определение типа ПНС по значению коэффициента роста нагрузки позволит при составлении перспективного плана выбрать достоверный, наилучший вариант развития СЭС предприятия[2]. Анализ нормативных и технических документов, актов состояния, функционирования, развития ПНС позволил нам классифицировать стратегии (варианты) развития СЭС повышающих насосных станций, таблица 3.

Таблица 3 – Возможные варианты стратегии развития СЭС

Типы ПНС	Актуальные мероприятия для развития СЭС ПНС
<i>Развивающиеся</i>	-Увеличение мощности насосных агрегатов или установка дополнительных. -Увеличение сечения вводных кабелей. -Подведение дополнительного резервного ввода электро-снабжения.
<i>Стабильно функционирующие</i>	-Проведение плановых мероприятий по ремонту и обслуживанию. -Малая (распределенная генерация). -Техническое перевооружение объекта.
<i>Угасающие</i>	-Перемещение незадействованного оборудования на более востребованные объекты. -Применение технологий по улучшению энергоэффективности. -Техническое перевооружение объекта.

Выводы:

1. Анализ научно-технической литературы позволил условно классифицировать СЭС водоканала по значению коэффициента роста нагрузки ($K_{рн}$) повышающих насосных станций на три группы: развивающиеся, стабильно функционирующие, угасающие.

2. Рассчитаны коэффициенты роста нагрузки пяти ПНС, определены для каждого ПНС соответствующий его тип функционирования.

3. На основании нормативных документов определены возможные стратегии (варианты) развития каждого типа ПНС.

Список литературы

1. Семенова, Л.А. «Разработка методики принятия решения по развитию системы электроснабжения с применением техноценологического подхода и теории нечетких множеств» - дис. кандидата тех. наук – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2010.
2. Семенова Н.Г. Выбор предпочтительного решения по развитию электрических сетей на основе нейросетевых технологий / Н. Г. Семёнова, А. Д. Чернова // Вестник ЮУрГУ. Серия: «Энергетика». – 2018.

ПЕРЕСТРАИВАЕМЫЙ RC-ГЕНЕРАТОР НА ОСНОВЕ ГИРАТОРА

Сильвашко С. А., канд. техн. наук, доцент

Худорожков О. В., канд. техн. наук, доцент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Как известно, для формирования гармонических незатухающих колебаний широко применяются RC -генераторы на основе операционных усилителей (ОУ). Основным достоинством таких генераторов является отсутствие в избирательных цепях дорогостоящих низкотехнологичных катушек индуктивности. Особенно это важно в области низких частот, где для обеспечения требуемой индуктивности катушки изготавливают с большим числом витков, что влечет за собой увеличение их линейных размеров. Вместе с тем ОУ характеризуются ограниченной полосой пропускания (частота единичного усиления обычно составляет единицы мегагерц), что не позволяет создавать RC -генераторы на основе ОУ для диапазонов высоких и очень высоких частот.

В [1] предложен способ реализации RC -генератора на транзисторах, максимальная частота генерации которого ограничивается только частотными свойствами используемых транзисторов. Функциональная схема генератора приведена на рисунке 1.

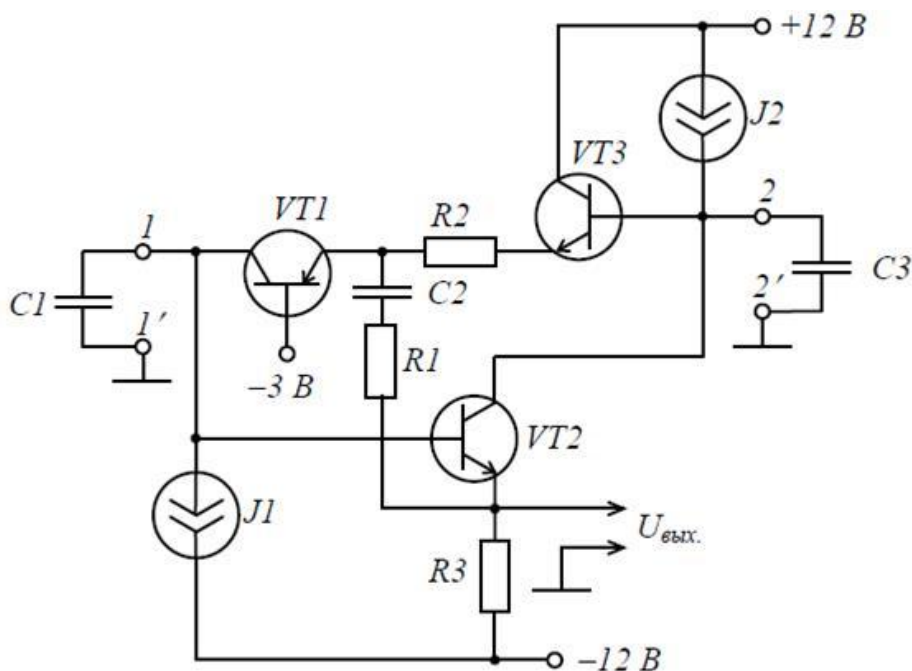


Рисунок 1 – Функциональная схема RC -генератора

Основу RC -генератора составляет гиратор (инвертор положительного полного сопротивления), позволяющий осуществить преобразование емкости в индуктивность [2]. В состав гиратора входят: транзисторы $VT1 - VT3$, источники тока $J1, J2$ и резисторы $R2, R3$. Элементы $R1$ и $C2$ образуют цепь положительной

обратной связи, обеспечивающей поддержание незатухающих колебаний в генераторе.

Недостатком данного RC-генератора является отсутствие возможности оперативного изменения частоты формируемых синусоидальных колебаний. Указанный недостаток устраняется добавлением в схему генератора нескольких элементов [3], обеспечивающих возможность перестройки генератора в широком диапазоне частот. Функциональная схема перестраиваемого генератора приведена на рисунке 2.

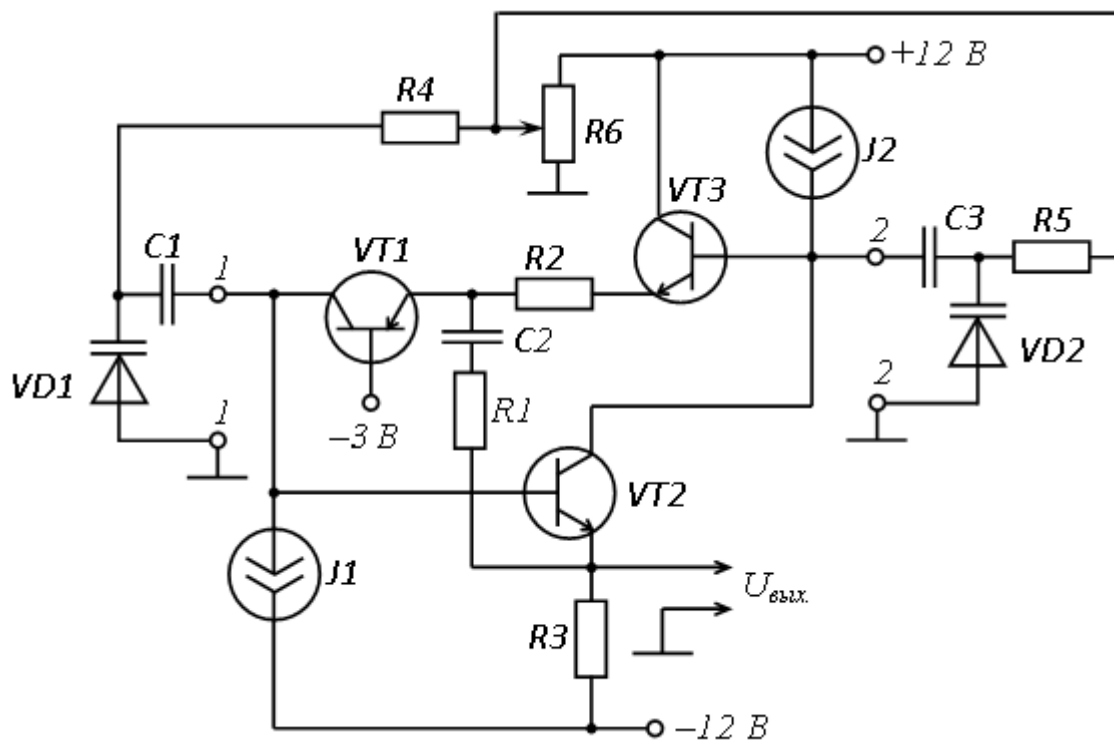


Рисунок 2 – Функциональная схема перестраиваемого RC-генератора

Генератор функционирует следующим образом. При подключении источников питания напряжением +12 В, минус 12 В и минус 3 В к шинам питания генератора в колебательном контуре, образованном эквивалентной индуктивностью $L_3 = R_2 R_3 C_{VD2}$ и емкостью C_{VD1} , где C_{VD1} и C_{VD2} – емкости варикапов $VD1$ и $VD2$ соответственно, возникают синусоидальные колебания с частотой ω_0 :

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{R_2 R_3 C_{VD1} C_{VD2}}} . \quad (1)$$

Для выравнивания режимов транзисторов $VT1$, $VT2$ и $VT3$ на переменном токе целесообразно принять: $R_2 = R_3$, $C_{VD2} = C_{VD1}$. Тогда выражение (1) примет вид

$$\omega_0 = \frac{1}{R_2 C_{VD1}} . \quad (2)$$

Для поддержания в колебательном контуре незатухающих колебаний коэффициент передачи цепи положительной обратной связи $K_{ПОС}$, образованной

последовательным включением резистора $R1$ и конденсатора $C2$, должен удовлетворять условию:

$$K_{\text{Пос}} \approx \frac{1}{S_{VT1} R_1} > \frac{1}{K_0 \omega = \omega_0} = \frac{1}{S_{VT1} R_{oe}}, \quad (3)$$

где S_{VT1} – крутизна транзистора $VT1$;

K_0 – коэффициент усиления каскада с общей базой, выполненного на транзисторе $VT1$;

R_{oe} – сопротивление колебательного контура на частоте ω_0 , равное

$$R_{oe} = \frac{\beta_2 \beta_3 R_2 R_3 \frac{C_{VD2}}{C_{VD1}}}{\beta_2 R_2 + \beta_3 R_3 \frac{C_{VD2}}{C_{VD1}}}, \quad (4)$$

где β_2, β_3 – коэффициенты передачи токов базы транзисторов $VT2$ и $VT3$ соответственно.

Сопротивление резистора $R1$ должно удовлетворять условию:

$$R_1 < \frac{\beta_2 \beta_3 R_2}{\beta_2 + \beta_3}. \quad (5)$$

Емкость конденсатора $C2$, обеспечивающего гальваническую развязку каскадов, выполненных на транзисторах, должна удовлетворять условию:

$$C_2 \geq \frac{100}{\omega_0 R_1}. \quad (6)$$

С учетом выражения (1), изменять частоту ω_0 настройки параллельного колебательного контура можно одновременным изменением сопротивлений резисторов $R2$ и $R3$ (или) емкостей варикапов $VD1$ и $VD2$.

В предлагаемом перестраиваемом RC -генераторе изменение частоты синусоидальных колебаний на выходе генератора достигается изменением емкостей варикапов посредством изменения уровней подводимых к ним обратных напряжений с помощью переменного резистора $R6$. При этом значение коэффициента перекрытия диапазона частот $k_{\text{пер}}$ генерируемых синусоидальных колебаний (отношение максимальной частоты выходного сигнала к минимальной частоте выходного сигнала) зависит только от величины коэффициента перекрытия по емкости k_c применяемых варикапов и может быть значительно больше десяти. Например, при использовании варикапов КВ116А $k_{\text{пер}} \geq 18$.

Емкости конденсаторов $C1$ и $C3$, обеспечивающих гальваническую развязку по постоянному току варикапов с каскадами, выполненными на транзисторах, должны удовлетворять условию: $C_1 = C_3 = 50 \div 100 C_{VD \text{ max}}$, где $C_{VD \text{ max}}$ – наибольшее значение емкости применяемых варикапов.

Сопротивления резисторов $R4$ и $R5$ выбирают из условия:

$$R_4 = R_5 = 50 \div 100 \rho, \quad (7)$$

где ρ – характеристическое сопротивление колебательного контура:

$$\rho = \sqrt{\frac{R_2 R_3 C_{VD2}}{C_{VD1}}} = R, \quad (8)$$

где $R = R_2 = R_3$.

Достоинством предложенной схемы перестраиваемого RC -генератора по сравнению со схемами перестраиваемых LC -генераторов является значительно большее значение коэффициента перекрытия диапазона частот $k_{пер}$ генерируемых синусоидальных колебаний, зависящее только от величины коэффициента перекрытия по емкости k_c применяемых варикапов. Как известно при использовании LC -генераторов $k_{пер}$ пропорционален величине $\sqrt{k_c}$, где, в данном случае, k_c – коэффициент перекрытия по емкости переменного конденсатора, используемого в колебательном контуре автогенератора.

Предложенная схема перестраиваемого RC -генератора может быть реализована, в том числе, в интегральном исполнении.

Изложенный материал может быть использован в учебном процессе при изучении теории автогенераторов гармонических колебаний.

Список литературы

1. Пат. 2666226 Российская Федерация, МПК H03B 5/26 (2006.01). RC -генератор / Булатов В. Н., Худорожков О. В., Сильвашко С. А. ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Оренб. гос. ун-т». – № 2017143947; заявл. 14.12.2017; опубл. 06.09.2018, Бюл. № 25.
2. Хейнлейн, В. Е. Активные фильтры для интегральных схем. Основы и методы проектирования / В. Е. Хейнлейн, В. Х. Холмс; пер. с англ. / Под ред. Н. Н. Слепова, И. Н. Теплюка. – М. : Связь, 1980. – 656 с.
3. Пат. 2705448 Российская Федерация, МПК H03B 5/26 (2006.01). Перестраиваемый RC -генератор / Булатов В. Н., Худорожков О. В., Сильвашко С. А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Оренб. гос. ун-т». – № 2019106841; заявл. 11.03.2019; опубл. 07.11.2019, Бюл. № 31.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОМПЛЕКСОВ МАЛОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Соколов В.Ю., канд.техн.наук, доцент, Кастуганов М.Н.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Надежное и бесперебойное обеспечение энергоносителями потребителей – приоритетная задача любого энергетического комплекса. В любой момент времени, вне зависимости от внешних возмущающих факторов, тепловые и электрические нагрузки потребителя энергии должны быть полностью обеспечены. Чаще всего потребитель получает тепло или электроэнергию из централизованных сетей энергоснабжения и лишь часть (обычно не более 30 процентов) это энергия, вырабатываемая присоединенными комбинированными генерирующими установками. Однако эта схема работоспособна только при наличии рядом с потребителем централизованных сетей жизнеобеспечения. Если потребитель удален и автономен то комбинированная установка становится главным источником энергии, который должен покрывать любые возникающие потребности, при этом не следует забывать что для обеспечения бесперебойной подачи энергоносителей основные мощности должны резервироваться. Но сто процентное резервирование мощности основного оборудования вызывает значительное увеличение стоимости проекта и повышает вероятность выхода из работы элементов схемы за счет увеличения их количества. Уравнения энергетических балансов составляется с учетом тепловой и электрической нагрузки у потребителей при этом тепловая и электрическая мощности положительны, если электрическая и тепловая энергии забираются из внешних сетей и отрицательны, если электрическая и тепловая энергии подаются в сеть основана модель энергетического комплекса на движении потоков тепловой и электрической энергии [1]:

$$Q_{ec}^j = Q_{eg}^j + \sum_{i=1}^{m_Q} Q_i^j \quad (1)$$

$$N_{ec}^j = N_{eg}^j + \sum_{i=1}^{m_N} N_i^j \quad (2)$$

где i -е порядковые номера энергоустановок, j - интервал времени, Q_{ec}^j , N_{ec}^j – рассчитываемая с учетом времени (j) тепловая и электрическая нагрузки потребителя; Q_{eg}^j, N_{eg}^j – параметры мощности при взаимодействии потребителей с внешними энергетическими сетями; m_Q, m_N - состав энергокомплекса с установками по получению тепловой и электрической энергии.

Эксергетическая схема нагрузкопроизводственно-перерабатывающего комплекса, с учетом способа подключения к внешним энергетическим сетям, представлена на рисунке 1.

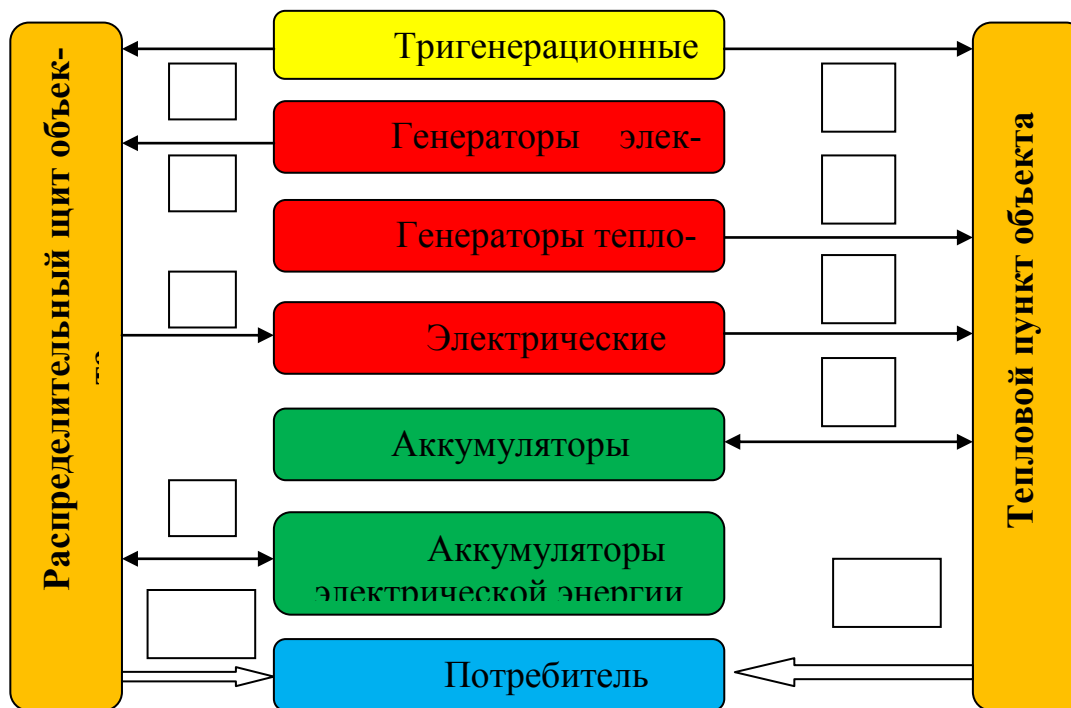


Рисунок 1 – Схема нагрузок производственно-перерабатывающего комплекса

Коэффициент загруженности энергетических установок вычисляется как отношение текущей электрической и номинальной мощности соответственно каждой рассматриваемой установки к ее номинальному значению

$$x_i^j = \frac{P_i^j}{P_i^{\text{пот}}} \quad (3)$$

где i - порядковые номера энергоустановок, j - интервал времени, x_i^j - коэффициент загруженности; P_i^j - мощность электрическая и тепловая мощности соответственно; $P_i^{\text{пот}}$ - номинальное значение мощности рассматриваемой установки.

Значение $P_i^{\text{пот}}$ вычисляют при производстве как электроэнергии так и для тепловых энергомашин. При использовании выражения (3) определяется коэффициент использования для комбинированных энергетических машин. Коэффициент загруженности энергетических установок x_i^j для тригенерационных энергетических комплексов определяет себестоимость генерируемого энерге-

тического параметра при производстве электро и теплоэнергии, а так же стоимость данной работы. При решении задачи нахождения оптимальной конфигурации оборудования номинальная электрическая мощность комбинированных энергоустановок также является параметром оптимизации. Мы выбрали коэффициент загруженности энергетических установок в качестве параметра оптимизации. Номинальная мощность принимается равной для всего расчетного периода. Коэффициент нагрузки каждой установки определяется в случае энергетических комплексов равной 1 году. Выбор расчетного промежутка связан с тем, что потребительские нагрузки и климатические условия, определяющие режим работы энергоустановок, имеют именно годовой цикл по выборке данных при работе в отопительный сезон составляющий в Оренбургской области 202 дня и периоду подготовки к сезону. Однако необходимо учитывать, что производство электрической энергии должно вестись круглогодично. Год делится на часы, с учетом изменения нагрузки по времени суток. Для решения задачи нахождения оптимального режима работы энергетического комплекса мы выбираем по условию бесперебойной работы два генерирующих блока, количество оптимизированных параметров будет равно 17520.

Методы линейного программирования позволяют успешно решать задачи оптимизации систем, решение состоит в нахождении экстремального значения линейной функции многих переменных при наличии линейных ограничений, связывающих эти переменные [2]. Но следует учитывать, что количество переменных может быть гораздо больше, а при поиске оптимальной конфигурации задачи гораздо сложнее, потому что нужно учитывать установки, которые не входят в оптимальный состав оборудования. Математическая модель нашей производственной задачи по получению первичных энергетических ресурсов имеет следующую формулировку: требуется найти такой план объёма выпускаемой продукции, удовлетворяющий системе ограничений и условиям, при котором целевая функция принимает наибольшее значение. Симплексный метод является одним из наиболее эффективных методов линейного программирования [3]. Обычно симплекс-методом, простейшим методом, решаются задачи минимизации, поскольку из соотношения $\max / \min$ любую задачу максимизации можно превратить в задачу минимизации.

Решение задачи линейного программирования симплекс-методом выполняется в три этапа: табличная запись задачи, нахождение допустимого решения, определение оптимального решения

Ограничения при выборе математической модели объекта в виде симплекс-метода следующие: 1. Индивидуальные энергоустановки всегда линейны при составлении математической модели 2. Переменные численно должны быть положительными. Допущения при упрощения расчетов и используемых моделей: отклонения от номинальных характеристик установок при переходных режимах занимают незначимую для расчетов величину от всего времени работы установок (это чаще всего связано с запуском, остановкой энергоустановок), в расчетах не учитываются малые изменения характеристик установок поскольку влияние этих колебаний на общую эффективность работы си-

стемы незначительно, накопители как тепловой так и электрической энергии на начало расчетного периода полностью разряжены, несколько аккумуляторов одного типа энергии заменяются при расчетах одним аккумулятором суммарной емкости.

Считаем, что при работе на максимальной мощности коэффициент загрузки равен единице. Ограничения на коэффициенты загрузки всех установок вводятся на каждом временном интервале: $x_i^j < 1$. Тепло- и электрогенераторы в уравнении баланса электроэнергии для j -го временного интервала учитываются расчетными параметрами:

$$Q_i^j = x_i^j P_i^{\text{пот}} \quad (4)$$

$$N_i^j = x_i^j P_i^{\text{пот}} \quad (5)$$

Внешние энергетические сети возможно представить как самостоятельные генераторы электроэнергии и тепла. В этом случае в балансовых уравнениях и в целевой функции будут фигурировать параметры: $Q_{\text{imp}}^{\text{max}}$ – получаемая из тепловой сети максимально допустимая мощность и $N_{\text{imp}}^{\text{max}}$ – получаемая из электрической сети максимально допустимая мощность.

Ограничение на максимальную мощность $Q_{\text{imp}}^{\text{max}}$ и $N_{\text{imp}}^{\text{max}}$ получаемую из внешних сетей можно принять равной максимальным нагрузкам потребителя $Q_{\text{exp}}^{\text{max}}$ и $N_{\text{exp}}^{\text{max}}$. Если рассматривается возможность передачи энергии во внешние сети, следует ввести величины максимально возможных экспортируемых мощностей $Q_{\text{exp}}^{\text{max}}$ и $N_{\text{exp}}^{\text{max}}$, а если такого ограничения не существует, принять их равными сумме номинальных мощностей тепло- и электрогенерирующих установок. Тогда Q_{eg}^j и N_{eg}^j можно описать следующими выражениями:

$$Q_{\text{eg}}^j = x_{\text{imp}Q}^j Q_{\text{imp}}^{\text{max}} - x_{\text{exp}Q}^j Q_{\text{exp}}^{\text{max}} \quad (6)$$

$$N_{\text{eg}}^j = x_{\text{imp}N}^j N_{\text{imp}}^{\text{max}} - x_{\text{exp}N}^j N_{\text{exp}}^{\text{max}} \quad (7)$$

где $x_{\text{imp}Q}^j$ - коэффициент соответствующей доле получаемой из сети тепловой энергии, $x_{\text{imp}N}^j$ - коэффициент соответствующей доле получаемой из сети электрической энергии; $x_{\text{exp}Q}^j$ - коэффициент соответствующей доле передаваемой из сети тепловой энергии, $x_{\text{exp}N}^j$ - коэффициент соответствующей доле передаваемой из сети электрической энергии. Коэффициенты соответствующей доле получаемой и передаваемой из сети тепловой и электрической энергии могут принимать значения от 0 до 1.

Составляя систему дифференциальных уравнений Горева- Парка возможно описать технологическую схему работы явнополюсного генератора. Во взаимной системе относительных единиц системы дифференциальных уравнений M_T - механический момент на валу газового двигателя генераторной уста-

новки n_q, n_d - количество демпфирующих цепей по каждой оси соответственно, M_Σ – крутящий момент электромагнитных сил на валу генератора, T_J - постоянная инерции, s –измеряемое относительно синхронно вращающихся осей скольжение ротора генератора

$$\left\{ \begin{array}{l} M_T - M_\Sigma = \frac{T_J}{\omega_c} p \omega \\ u_{di} = \frac{1}{\omega_c} p \varphi_{di} + R_{di} i_{di} \text{ где } i = 0 \dots n_d \\ u_{qi} = \frac{1}{\omega_c} p \varphi_{qi} + R_{qi} i_{qi} \text{ где } i = 0 \dots n_q \\ u_f = \frac{1}{\omega_c} p \varphi_f + R_f i_f \\ u_q = -\frac{1}{\omega_c} p \varphi_q - \varphi_d (1 + s) - R_s i_{dq} \\ u_d = -\frac{1}{\omega_c} p \varphi_d - \varphi_q (1 + s) - R_s i_d \end{array} \right. \quad (8)$$

Игнорирование насыщения сопротивлений рассеяния контуров машинного генератора потока может быть записано как:

$$\left\{ \begin{array}{l} \varphi_{qi} = x_{qi\delta} i_{qi} + \varphi_{\delta q} \text{ где } i = 0 \dots n_{dq} \\ \varphi_{di} = x_{di\delta} i_{di} + \varphi_{\delta d} \text{ где } i = 0 \dots n_d \\ \varphi_{df} = x_{f\delta} i_f + \varphi_{\delta d} \\ \varphi_q = x_{\delta} i_q + \varphi_{\delta q} \\ \varphi_d = x_{\delta} i_d + \varphi_{\delta d} \end{array} \right. \quad (9)$$

где $\varphi_{\delta d}, \varphi_{\delta q}$ – численные значения потокосцеплений по воздушным зазорам относительно продольной и поперечной осей, $x_{(***)}$ – выделенные по контурам сопротивления рассеяния.

$$\left\{ \begin{array}{l} \varphi_{\delta d} = \frac{\varphi_d + \varphi_f + \sum_{i=1}^{n_d} \varphi_{di}}{x_{\sigma} + x_{f\sigma} + \sum_{i=1}^{n_d} x_{di\sigma}} \\ \varphi_{\delta q} = \frac{\varphi_q + \sum_{i=1}^{n_q} \varphi_{qi}}{x_{\sigma} + \sum_{i=1}^{n_q} x_{qi\sigma}} \end{array} \right. \quad (10)$$

Токопроводимости машины по продольной и поперечной осям Γ_d, Γ_q можно получить из выражения

$$\left\{ \begin{array}{l} \Gamma_d = \sum_{i=1}^{n_d} \frac{1}{x_{di\delta}} + \frac{1}{\eta_d x_{ad}} + \frac{1}{x_{\delta}} + \frac{1}{x_{f\delta}} \\ \Gamma_q = \sum_{i=1}^{n_q} \frac{1}{x_{qi\delta}} + \frac{1}{\eta_q x_{aq}} + \frac{1}{x_{\delta}} \end{array} \right. \quad (11)$$

где η_d, η_q –коэффициенты учитывающие насыщение материала ротора-энергомашин вдоль расчетных осей

$$\left\{ \begin{array}{l} n_d = \frac{[1+\kappa_2(\Phi_2)\kappa_{f\sigma}]\left(\frac{i_f}{1+\kappa_2(\Phi_2)\kappa_{f\sigma}}\right)+\xi_q(i_d+\sum_{i=1}^{n_d}i_{di})-}{tg\alpha_0((\kappa_2(\Phi_2)+\kappa_r(\Phi_{rd}))[1+\kappa_2(\Phi_2)\kappa_{f\sigma}])\left(i_d+i_f+\sum_{i=1}^{n_d}i_{di}\right)} \\ \quad -\xi_{dq}\xi_q\frac{\chi_{aq}}{\chi_{ad}}\left|i_q+\sum_{i=1}^{n_q}i_{qi}\right|} \\ \eta_q = \xi_q \end{array} \right. \quad (12)$$

где

$$\Phi_2 = [1 + \kappa_r(\Phi_{rd})\kappa_{f\sigma}]\Phi_{rd} - \frac{\kappa_{f\sigma}}{tg\alpha_0} \xi_d \chi_{ad} \left(i_d + \sum_{i=1}^{n_d} i_{di} \right) - \xi_{dq} \xi_q \chi_{aq} \left| i_q + \sum_{i=1}^{n_q} i_{qi} \right|$$

По полученным в ходе решения численным значениям коэффициентов $\kappa_{f\sigma} = f(F_{1f})$, $\kappa_r = f(\Phi_{rd})$, $\kappa_2 = f(\Phi_2)$ определяется насыщение отдельных элементов машины. А далее с учетом изменения температурных моментов взаимной индукции и влияния токов на поперечную ось машины получаем зависимость коэффициентов ξ_q , ξ_d , ξ_{dq} .

Список литературы

1. Майков И.Л., Директор Л.Б. Решение задач оптимизации и управления гибридными энергетическими комплексами в структуре распределенной генерации//Управление большими системами. Сборник трудов. Выпуск 35.М.: ИПУ РАН,2011,С.250-264
2. Боглаев Ю.П. Вычислительная математика и программирование.- М.:Высшая школа,1990.-544 с.
3. Хемди А.Таха Введение в исследовательские операции,7-е издание.:пер.с англ.-М.:Издательский дом «Вильямс»,2005.-912 с.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАБОТЫ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В КОМПЛЕКТЕ С МИНИ-ТЭЦ

Соколов В.Ю. канд. техн. наук, доцент, Моисеев Д.В

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

Основным источником энергии для энергогенерирующих установок в настоящее время является химическая энергия содержащаяся в производных ископаемых углеводородов полученных методом ректификации (бензин, газойль, дизельное топливо, печное топливо, мазут), а так же производные природных газов (пропан – бутан, метан). Актуальным вопросом является повышение эффективности использования топлива комбинированной энергоустановкой. Определение причины низкой эффективности централизованных энергогенерирующих устройств, возможность повышения эффективности действующих энергогенераторов и возможность создания эффективных автономных энергогенераторов, возможность системного подхода к использованию топливных ресурсов сводящего к минимуму бесполезное сжигание ископаемого топлива – это основная задача при подборе оборудования для совместной генерации тепловой и электрической энергии. В газопоршневых установках химическая энергия, содержащаяся в исходном топливе, преобразуется в тепловую энергию, затем в механическую энергию первичного приводного двигателя и в электрическую энергию. Коэффициент полезного действия для таких систем не более 42 процентов теоретически, а на практике при эксплуатации, эта величина не превышает значение 39 процентов. Однако в населенных пунктах, не имеющих централизованной системы теплоснабжения, их использование затруднено. Системы утилизации тепловой энергии комбинированных энергоустановок, позволяют поднять использование энергии содержащейся в топливе до 95 процентов. Первичные энергомашины обеспечивающие процесс преобразования химической энергии топлива в механическую энергию движения в виде турбин, дизель-генераторных или газопоршневых установок требуют замены масла, расходных материалов и прочего при периодическом обслуживании. Окружающая среда подвергается воздействию выхлопных газов дающих как шумовой фон, так и наличие вредных выбросов, которые несколько изменяются в зависимости от рода применяемого топлива. Достоинства и недостатки для основных типов двигателей используемые в комбинированных циклах представлены в таблице 1.

В таблице показаны преимущества и недостатки различных по конструктивному исполнению энергетических машин. Эти особенности необходимо учитывать при выборе схемы генерации для работы систем жизнеобеспечения.

Однако как альтернатива перечисленным способам генерации тепловой и электрической энергии должна быть рассмотрена схема комбинированной генерации энергии за счет специализированных химических реакторы, предназначенных для прямого преобразования энергии, высвобождающейся в ходе ре-

акции окисления топлива, в электрическую энергию - это топливные элементы. Топливный элемент по принципу своей работы похож на аккумуляторную батарею, но их отличие в том, что в процессе выработки электроэнергии электроды топливного элемента не расходуются, так как топливо и окислитель не входят в состав элемента, а подаются в момент его работы. Применение нерасходуемых электродов позволяет значительно увеличить срок службы топливных элементов по сравнению с гальваническими батареями. Кроме того, благодаря использованию внешней системы подачи топлива значительно упрощается и удешевляется процедура восстановления работоспособности топливных элементов.

Таблица1 - Основные типы двигателей используемые в комбинированных циклах

Вид энергомашины	Достоинства	Недостатки
Паровая турбина	Слабо чувствительна к качеству исходного топлива, длительный срок эксплуатации при проведении ТО, высокая производительность	Наличие инерционности при пуске. Большая начальная стоимость приобретаемого оборудования
Газовая турбина	Высоконадежна, подача тепловой энергии идет с большим потенциалом, отсутствует водяная система охлаждения	Окупается при наличии нагрузки в 5 МВт, удельная генерация энергии уступает поршневым машинам. Сложна в изготовлении, эксплуатации и ремонте, Шумная. Требуется дополнительной подготовки топлива
Поршневая машина	Отработанная технология изготовления, пуска, ремонта. Большое количество моделей. Быстрый запуск. Может работать абсолютно автономно. Имеет возможность варьирования видом топлива	Эмиссия вредных веществ, дороговизна текущих расходов. Наличие низкочастотного шума. Низкая тепловая эффективность. Малый ресурс работы между интервалами обслуживания.
Микротурбина	Надежна в эксплуатации. Низкая стоимость текущего обслуживания. Очень низкая эмиссия вредных веществ. Выход тепла с большим энергопотенциалом	Большие первоначальные капитальные вложения. В обслуживании требует высококвалифицированный персонал

	лом. Возможность использования нескольких видов топлива	
Топливный элемент	Более полное использование топлива и высокий КПД. Уменьшение вредных выбросов в атмосферу и снижение уровня шума. Адаптивность энергоустановки по всему диапазону нагрузки. Отсутствие эксплуатационных затрат	Большие первоначальные капитальные вложения. Малая удельная мощность выпускаемых серийно установок. Рассматриваются в основном как источники резервного энергоснабжения.

Топливом могут быть любые углеводороды например природный газ.

Силовая установка, состоящая из батареи топливных элементов, системы отвода продуктов реакции и тепла, хранение и подача топлива и окислителя это электрохимический генератор. Группа электрохимических генераторов - это электрохимическая электростанция.

В промышленно развитых странах проведены серийные испытания и начато серийное производство экономичных с топливной эффективностью более 80 процентов, малошумящие и экологически чистые комбинированные энергоустановки на основе твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ). Основными участниками рынка производителей можно считать: Aurel, Ballard, Efoy, Electro-Chem, FUJIAN YANAN POWER GROUP, Greenlight Innovation Corp. Horizon, Fuel Cell Technologies, Hydrogen Systems, Hydrogenics, Paslode, PRO-POWER Communication Co., Ltd., Rolls Royce, Serenergy, Shuangdeng Group Company Limited, Teledyne Energy Systems, VARTA Microbattery GmbH, Westinghouse, Siemens.

Из предложенного перечня можно выделить совместные разработки Westinghouse (США) и Siemens (Германия). В качестве твердого электролита используют ZrO_2 диоксида циркония в смеси с Y_2O_3 триоксида иридия.

По типу топливного элемента электрохимические установки проклассифицированы в таблице 2.[1]

Таблица 2–Конструктивные особенности электрохимических генераторов

Рабочая среда	Рабочая температура, °С	электролит	топливо	окислитель	КПД	КИТ
Щелочной электролит низкой температуры	До 120	Раствор КОН	H ₂	O ₂	65	80
Твердополимерные низкой температуры	До 100	асбестовая мембрана, пропитанная водным раствором КОН	H ₂	воздух	70	90
Топливные элементы средней температуры с электролитом фосфорной кислоты	До 200	электролитом фосфорной кислоты	H ₂	воздух	55	85
Высокотемпературные топливные элементы с расплавленным карбонатным электролитом	До 700	расплавленный карбонатный электролит	Газ + H ₂	воздух	60	80
Высокотемпературные с твердооксидным керамическим электролитом	До 1000	тврдооксидный керамический электролит	Газ + H ₂	воздух	70	95

В России также уделялось внимание развитию таких электростанций. В 2005 году Российский федеральный ядерный центр (РФЯЦ ВНИИТФ, г. Снежинск) выпустил аккумуляторный модуль ТОТЭ мощностью 2 кВт. С 2007 года проект комбинированной энергоустановки на основе твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) является одним из самых приоритетных в энергетическом секторе. [2]

Взяв за основу отработанные технологии получения тепловой и электрической энергии от твердооксидных топливных элементов мы на рисунке 1 предлагаем схему электрохимической электростанция

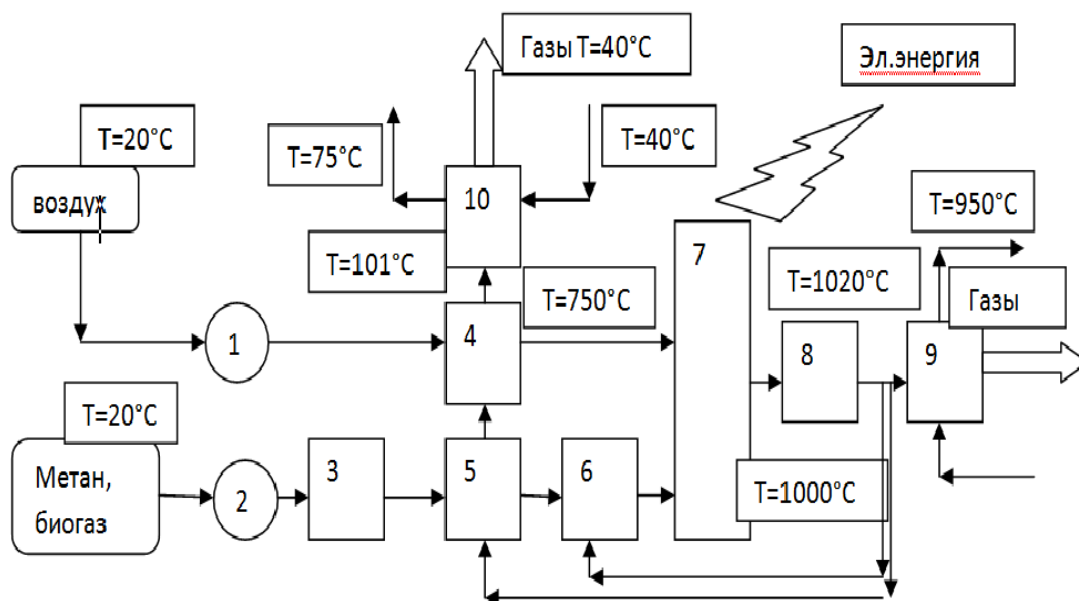


Рисунок 1- Схема электрохимическое установки на базе твердооксидных топливных элементов.

1- нагнетательный компрессор для воздуха, 2- нагнетательный компрессор для газообразного топлива, 3-устройство сепарации воздуха, 4- подогреватель воздуха, 5- подогреватель топлива, 6- термохимический риформер, 7- группа электрохимических генераторов ствердооксидными топливными элементами, 8- дожигатель, 9 - высокотемпературный теплообменник, 10- низкотемпературный теплообменник

Сложные элементы и системы при подборе оборудования необходимо представлять в виде математической модели. Математическая модель позволяет наиболее полно проводить расчет объектов с многосвязными технологическими зависимостями. Топливный элемент несмотря на свои скромные размеры и отсутствие подвижных элементов относится к объектам с многосвязными технологическими зависимостями. Математическая модель электрохимической установки была разработана путем составления графа схемы генерации энергоустановки базе твердооксидных топливных элементов уравнений с сохранением баланса материальных и тепловых потоков энергоносителей[3].

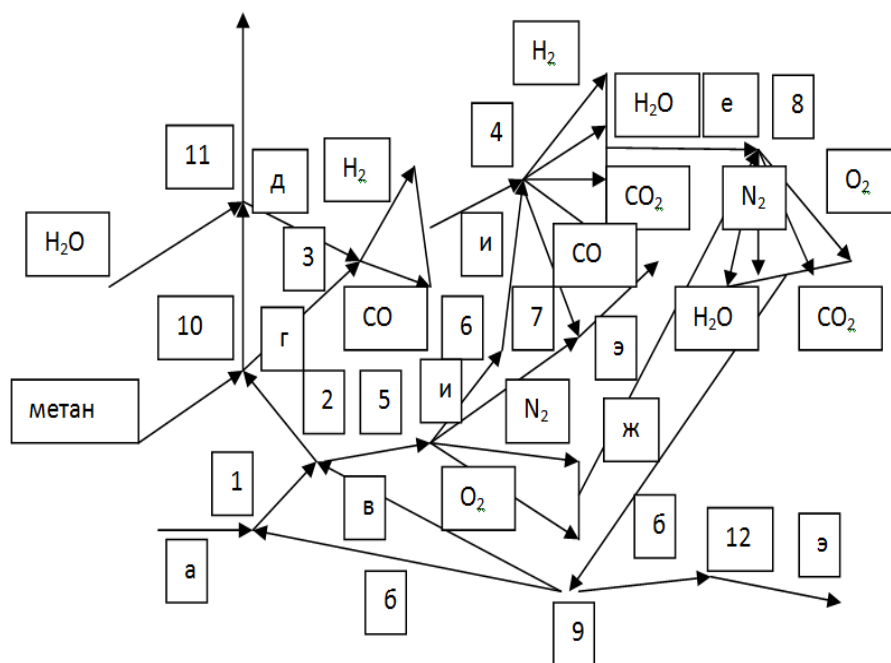


Рисунок 2 - Граф схемы генерации энергоустановки базе твердооксидных топливных элементов

1 – воздушный компрессор; 2 – теплообменник низкой температуры; 3 – риформер; 4 – анод; 5 – катод; 6 – рабочее тело электрохимической установки; 7 – инвертор; 8 – камера сгорания; 9 – первичный двигатель; 10 – теплообменник средней температуры; 11 – теплообменник высокой температуры; 12 – электрогенератор.

а – воздух; б – механическая энергия; в – тепло; г – топливо; д – пар; е – выхлоп с анода; ж – выхлоп с катода; з – вода; и – отрицательно – заряженные ионы кислорода, э – электрическая энергия

Проанализировав граф схемы генерации энергоустановки на базе твердооксидных топливных элементов мы получили технологические параметры основных потоков энергоносителей, мы считаем, что именно они определяют коэффициент полезного действия и коэффициент полезного использования энергогенерирующей установки. Численные значения полученные в результате вычислений отличаются от описываемых в литературных источниках величин на 25 процентов. Дальнейшие уточнения параметров графа по схеме генерации энергоустановки указали на необходимость перейти от потоков тепловой энергии к свободной энергии, способной превращаться в работу и численно определяемой как разность между всей теплотворной способности электрохимической системы и количеством энергии, полезно превращенной в теплоту. Зависимости для получения термодинамических параметров и показателей энергетической мощности предложены ниже.

$$G_a C_p T_a \left(\beta_k^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right) + \alpha N_6 = 0 \quad (1)$$

$$G_a C_p \left(T_a - T_a \beta_k^{\frac{k-1}{k}} \right) = G_b C_p (T_b - T_a) \quad (2)$$

В ходе рассмотрения схемы энергоустановки на основе топливных элементов (ТОТЭ) для выработки электроэнергии из углеводородного топлива и предназначенных для электропитания автономных потребителей было предложено сделать следующую компоновку энергоблока. Предлагаемое расположение оборудования обеспечивает повышение коэффициента полезного действия энергоустановки на основе твердооксидных топливных элементов, увеличивает электрическую мощность батареи ТОТЭ и позволяет использовать в качестве топлива широкий набор углеводородов. Все вышеизложенное позволяет повысить энергетическую эффективность процесса разделения, а также упростить реализацию этого процесса.

Среди преимуществ твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) важнейшим является высокий КПД преобразования энергии топлива в электрическую энергию. Большинство генераторов на ТОТЭ имеют КПД на уровне 50%. Электрический КПД генератора австралийской компании «Ceramic Fuel Cell, ltd» достигает 60%. Американская компания «Bloom Energy» сообщает об электрическом КПД в 65% для последних моделей их электрохимических генераторов. Дальнейшее увеличение КПД электрохимических генераторов ограничивается допустимой степенью использования топлива, окисляемого на анодах топливного элемента. КПД электрохимического генератора можно представить как произведение двух множителей - электрического КПД и коэффициента использования топлива [4].

Предлагаемая инженерная схема обеспечивает повышение коэффициента полезного действия энергоустановки на основе твердооксидных топливных элементов, увеличивает электрическую мощность батареи ТОТЭ, и позволяет использовать в качестве топлива широкий набор углеводородов. Все вышеизложенное позволяет повысить энергетическую эффективность процесса разделения, а также упростить реализацию этого процесса.

Для рассмотрения возможности эксплуатации предлагаемого оборудования проведена разработка модели для анализа нагрузочных характеристик газопоршневых установок и топливных элементов в программном комплексе системы компьютерной математики MATLAB(Simulink). Схема замещения основных и вспомогательных элементов оборудования представлена на рисунке 3.

Предложенная схема состоит из твердооксидных топливных элементов solid oxide fuel cell (SOFC), которые соединены с трехфазной бесконечной шиной через инвертор IGBT. Инвертор использует гистерезисную коммутацию и управляет активной мощностью путем манипулирования током прямой оси, удерживая реактивную мощность на уровне 0Var. Допущения при работе модели следующие: газы топливных элементов идеальны, внутри электродов

определяется только одно давление, температура топливного элемента инвариантна, в расчете применимо уравнение Нернста.[5-7]

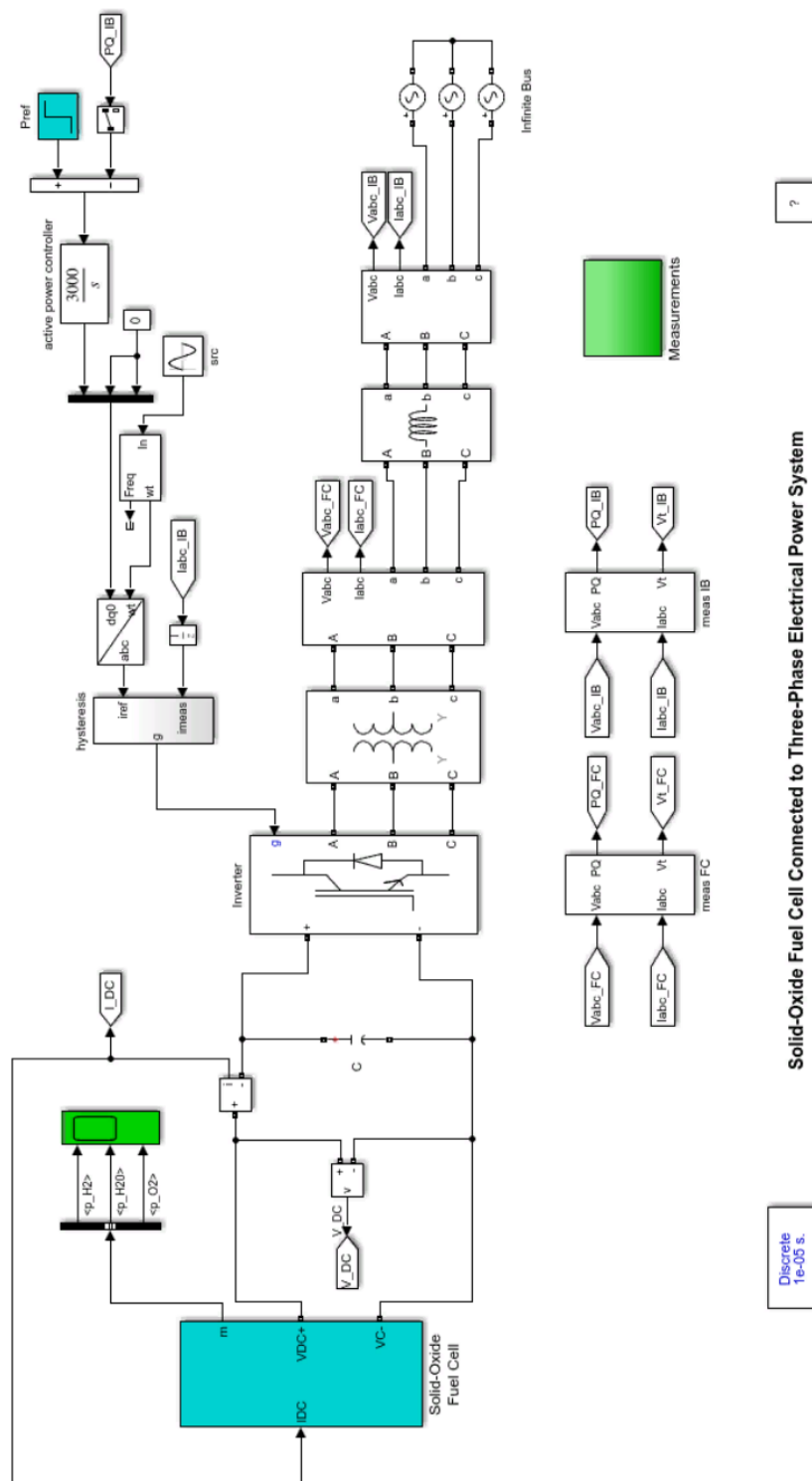


Рисунок 3- Схема замещения основных и вспомогательных элементов оборудования для анализа нагрузочных характеристик газопоршневых установок и топливных элементов в программном комплексе системы компьютерной математики MATLAB(Simulink)

Измерительные блоки рассчитаны на мощность 50 кВт. Таким образом, активная опорная мощность $1_{pu} = 50$ кВт.

Имитация рабочего процесса происходит при $t = 0$ с командуется активная опорная мощность (P_{ref}) 0,3 ПУ. Ссылка захватывается в течение 0,2 с., при $t = 0,4$ с командуется $P_{ref} = 1_{pu}$. Опять же, ссылка захватывается в течение 0,2 с.

Наблюдение за давлениями H_2 , H_2O и O_2 показывает, что топливный элемент не достигает нового равновесия при моделировании длительностью 1 секунда. Для наблюдения за динамикой химической реакции требуются длительные периоды моделирования.

В ходе выполнения работы были сравнены основные типы двигателей используемые в комбинированных циклах, составлена схема электрохимической установки на базе твердооксидных топливных элементов, построен граф схемы генерации энергоустановки на базе твердооксидных топливных элементов, составлена и проверена на работоспособность схема энергоустановки с распределением газовых потоков, получена математическая и имитационная модели работы топливных элементов в комплекте с мини-ТЭЦ на базе газопоршневых установок. Получены основные энергетические зависимости комбинированного источника энергии. Считаем, что использование в Оренбургской области на базе действующих предприятий электрохимических установок на базе твердооксидных топливных элементов возможно, но требовать покрытия ими больших численных величин нагрузок, в настоящее время, несмотря на высоких электротехнические показатели, невозможно вследствие высокой первоначальной стоимости оборудования при малой его удельной мощности.

Список литературы

1. <http://energybalance.ru>
2. <http://vniitf.ru/article/o-vniitf>
3. <http://bibliorossica.com>
4. <https://www.bloomenergy.com>
5. W. He, Dynamic model for molten carbonate fuel-cell power-generation systems, J. Energy Conv. Manage. 39 (8) (1998) 775-783.
6. S. Campanari, Thermodynamic model and parametric analysis of a tubular SOFC module, J. Power Sources 92 (2001) 26 -34.
7. S. Li, K. Tomsovic, T. Hiyama, Load following functions using distributed energy resources, Proceedings of the IEEE/PES 2000 Summer Meeting, Seattle, Washington, USA, July 2000, 1756-1761.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ НАДЕЖНОСТИ АВТОНОМНОГО ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Соколов В.Ю. канд. техн. наук, доцент,
Соколова Т.Ю., канд. экон. наук, доцент,
Малько А.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Надежность является одной из важнейших характеристик, используемых на территории Оренбургской области ветроэнергетических установок. Надежность ветроэнергетических машин в первую очередь определяется показателями надежности элементов и особенностями их взаимодействия при различных условиях эксплуатации [1,5]. Спецификой работы ветроэнергетического оборудования в Оренбургской области является резкий порывистый ветер, возникающий совместно с разнонаправленными потоками воздуха. В настоящее время на территории Оренбургской области работают два крупных предприятия, использующие в своей деятельности вырабатываемую при помощи ветра электроэнергию.

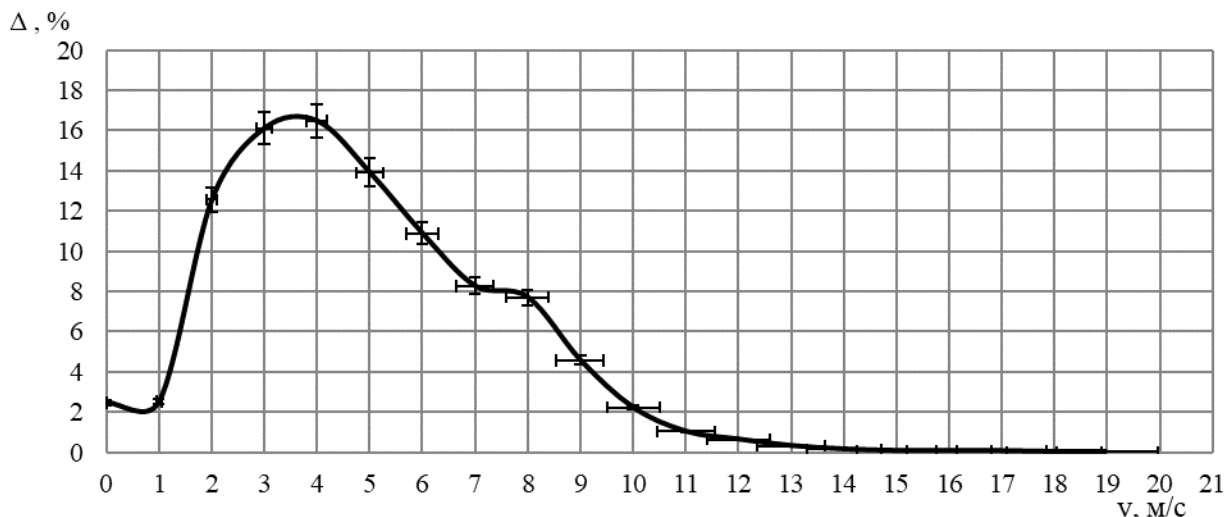


Рисунок 1- График изменения численной величины скорости ветра метров для восточной части Оренбургской области в вероятностном отношении наступающего события

По полученным данным о состоянии энергетического оборудования установленного на базе центра отдыха «Вишневые горки» в Гайском городском округе предложена группа коэффициентов по показателям надежности и проведена выборка показателей дифференциации ветроэнергетических установок по их значению. Оценочные показатели в виде коэффициента готовности агрегата (K_g), коэффициента технического использования агрегата ($K_{ти}$), коэффициента оперативной готовности ($K_{ог}$), коэффициента времени восстановления работоспособности агрегата (K_v) определяют последовательность выполнения плановых и внеплановых технологических и ремонтных операций, они в

первую очередь определяют работоспособность энергетического оборудования и дают возможность оценки надежности при энергоснабжении удаленного потребителя энергии которым по своей сущности и является центр отдыха. Полученные значения коэффициентов оперативного управления могут оказаться полезными при улучшении ветроэнергетических установок работающих как в групповом, так и в индивидуальном режиме. В нашем случае показатели надежности представленные количественными и качественными характеристиками одного или нескольких объектов необходимо разделить на единичные, характеризующие одну установку и комплексные, характеризующие несколько установок. Единичные показатели нами были использованы для характеристики отдельных установок, а для группы из четырех машин при покрытии необходимой нагрузки и работы комплекса в целом использовали комплексные показатели. Для единичных показателей надежности в первую очередь характерны безотказность и восстанавливаемость.

Вероятность безотказной работы $p(t)$ ветроэнергетических установок это параметр характеризующий не наступление отказа в работе в пределах заданной наработки (t) при заданных условиях работы. Общая наработка агрегатов на момент исследований составила от 8 тысяч часов до 12 тысяч часов (в расчетах для получения сопоставимых данных мы берем в среднем 10 тысяч часов).

$$p(t) = P(T \geq t) \quad (1)$$

где T – время безотказной работы.

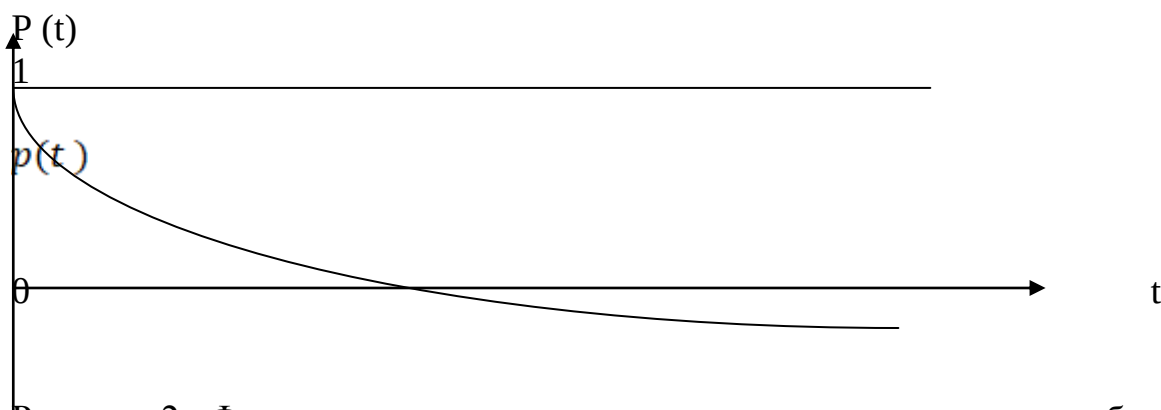


Рисунок 2- Функция надежности характеризующая вероятность безотказной работы четырех ветроагрегатов.

Вероятность восстановления установок $q_e(t)$ это интегральная функция распределения случайной величины времени восстановления. Если за заданное время t объект будет восстановлен до работоспособного состояния или время восстановления объекта не скажется на бесперебойности энергоснабжения всей группы потребителей в целом и будет меньше наперед заданного времени t равного 0,25 часа, то вероятность восстановления установок не учитывается по определению погрешности наступающего события.

$$q_{\text{в}}(t) = p(T_{\text{в}} < t) \quad (2)$$

Она определяется только для установок, подлежащих длительному ремонту. Техническое обслуживание без остановки агрегата так же не дает изменения параметра восстановления установки.

Комплексные показатели надежности электроэнергетических систем которые обладают известным запасом живучести при отдельных возмущениях используются в том случае, если предлагаемые единичные показатели не позволяют установить соотношения между временем отводимым на техническое обслуживание и ремонт, готовностью установки к генерации необходимого для жизнедеятельности объектов центра отдыха «Вишневые горки» количества электрической энергии в данный момент времени. Выявлено что удобство эксплуатации основного технологического оборудования прямо пропорционально зависит от продолжительности цикла эксплуатации. А наиболее часто встречающиеся отказы функционирования элементов системы энергообеспечения - разрыв цепи, короткое замыкание, отказ срабатывания. К группе комплексных показателей надежности электроэнергетических систем относят коэффициент готовности, коэффициент оперативной готовности, коэффициент вынужденного простоя, коэффициент технического использования, недоотпуск электроэнергии рассчитанный по средне многолетним показателям потребления, средний ущерб на один отказ.

Технические характеристики обследуемых машин: номинальная мощность 200 и 250 кВт, диаметры роторов 25м и 26 м, высота ствола башни 30м, тип башни трубы по четыре секции, скорость ротора 44 оборота в минуту, минимальная рабочая скорость ветра 4,5 м/с, максимальная рабочая скорость ветра 25 м/с, регулирование мощности по срыву потока, тип генератора асинхронный 400 В, 50 Гц, энергогенераторы предназначены для работы параллельно с электрической сетью.

Распределение причин отказов ветроагрегатов: заводские дефекты – 15 процентов; грозовые повреждения – 7 процентов; неправильная эксплуатация – 24 процента; неудовлетворительный ремонт – 14 процентов; старение изоляции – 3 процента.

Примерное распределение причин отказов для системы обслуживания ветроэнергоустановок следующее. Группа разъединителей: обледенение или разрегулировка – 29 процентов; пробой или повреждение изоляции – 18 процентов; отказ привода – 22 процента; неисправность механизма – 11 процентов; дефекты контактных соединений – 7 процентов; ошибки персонала – 12 процентов. Работа короткозамыкателей характеризуется следующими показателями: повреждение изоляции – 49 процентов; отказ привода – 9 процентов; отказ релейной защиты – 12 процентов; низкое качество ремонта – 14 процентов; деформация включающей пружины – 2 процента; замерзание смазки – 6 процентов; гололед – 6 процентов. Работа отделителей характеризуется следующими показателями: отказ привода – 24 процента; деформация включающей пружины

– 17 процентов; повреждение изоляции – 9 процентов; замерзание смазки – 13 процентов; гололед – 12 процентов, низкое качество ремонта – 8 процентов; отказ релейной защиты – 6 процентов; низкое качество изготовления – 4 процента; ошибки персонала – 7 процентов.

Обследование ветроагрегатов обосновано необходимостью обеспечения работоспособности энергоснабжающей системы при наступлении аварийного режима. В расчетах принимается условие, что электрогенерация агрегатами средней и малой единичной мощности способствует повышению маневренности системы на основе гарантированного резервирования. При этом выход одного из агрегатов в аварийный останов сопровождается минимальным технологическим ущербом. Поэтому выбор количества работающих ветрогенераторных энергомашин должен учитывать кроме коэффициента загрузки работающего оборудования коэффициент технического использования агрегата (Кти).

Из-за магнитной асимметрии вызванной повреждением подшипников и их опор крепления происходит отказ генераторов. Внезапное увеличение вибрации всегда указывает на повреждение. Надежность энергогенерирующих машин во многом зависит от уровня вибрации вращающихся элементов ветрогенераторов.

Рассматривая причины отказов основного энергетического оборудования и сопоставляя с данными этому направлению предложенными коллегами, мы изучали интенсивность отказов, определяющую надежность эксплуатации оборудования, которая в свою очередь связана с процессом старения ветроэнергетических установок. Также, техническое состояние ветроэнергетических установок может не только поддерживаться, но и корректироваться мероприятиями предупредительных ремонтов и диагностического обслуживания.

Временной режим нахождения ветроэнергетических комплексов в каждом эксплуатационном состоянии не связан напрямую с общей наработкой агрегата и является дополнительным показателем определения его надежности. Взаимная их независимость подтверждается значением коэффициента взаимной корреляции: его величина находится в диапазоне от 0,094 до 0,126 для рассматриваемых коэффициентов, что подтверждает отсутствие корреляционной связи на значимом уровне.

На рисунке 3 приведено распределение значений показателей надежности для обеспечения электроэнергией и теплом центра отдыха вблизи Ириклинского водохранилища. Анализ выполнен по результатам эксплуатации агрегатов за период времени эксплуатации от 8 тысяч часов до 12 тысяч часов.

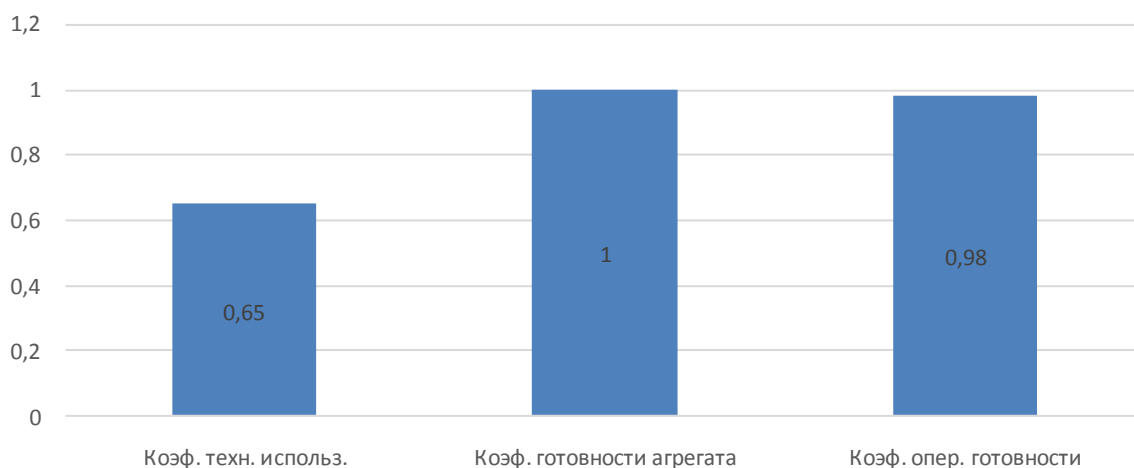


Рисунок 3- Значения коэффициентов надежности для ветрогенераторов

Рисунок 3 дает возможность сравнить численные значения коэффициентов надежности в виде диаграмм распределения коэффициентов по интервалам. Показателей дифференциации для проводимых расчетов выбирались с учетом интервальной оценки коэффициентов надежности. По полученным данным для ветрогенераторов на Ириклинском водохранилище Оренбургской области коэффициент технического использования варьирует в интервале от 0,621 до 0,963; коэффициент готовности варьирует от 0,719 до 1,0; коэффициент оперативной готовности варьирует от 0,755 до 0,986.

Коэффициент готовности – вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается.

Коэффициент оперативной готовности – вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается, и, начиная с этого момента будет работать безотказно в течение заданного интервала времени.

Коэффициент технического использования – отношение математического ожидания суммарного времени пребывания объекта в работоспособном состоянии за некоторый период эксплуатации к математическому ожиданию суммарного времени пребывания объекта в работоспособном состоянии и простоев, связанных с техническим обслуживанием и ремонтом за тот же период.

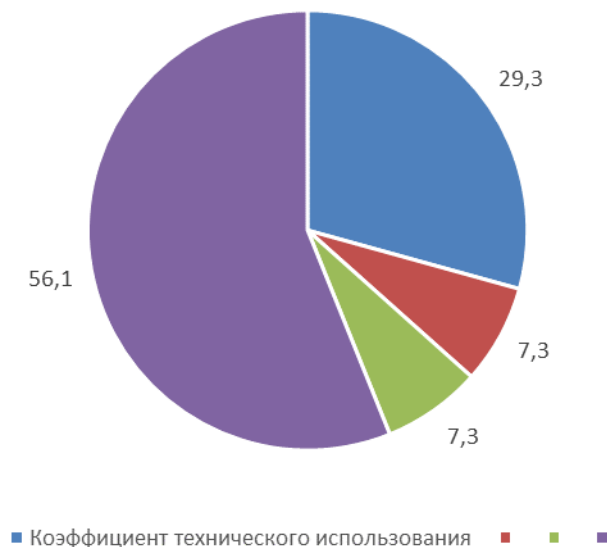


Рисунок 4 - Интервальная структура коэффициента использования ветроэнергетических установок на Ириклинском водохранилище.

Один из важнейших показателей эффективности работы любого предприятия, связанного с подачей, распределением и выработкой электроэнергии является коэффициент использования установленной мощности. Его величина равна среднеарифметической мощности, поделенной на установленную мощность, измеренной в определённый промежуток времени. Важность данного показателя направлена на общую эффективность электрических подстанций. Здесь важно не только их технологическое усовершенствование и оснащение современным оборудованием, но и квалификация персонала управляющего электроустановками.

По данным minenergo.gov.ru в 2019 г. число часов и коэффициент использования установленной мощности с учетом доли календарного времени по типам генерации выглядит следующим образом: тепловые электрические станции 4002 часа (45,7 процентов календарного времени), атомные электрические станции 6992 часов (79,8 процентов календарного времени); Гидроэлектрические станции 3841 часов (43,9 процентов календарного времени); ветроэлектрические станции – 1745 часов (19,9 процентов календарного времени); солнечные электрические станции – 1239 часов (14,1 процентов календарного времени).

По сравнению с 2018 г. использование установленной мощности на АЭС и ГЭС увеличилось на 123 и 50 часов соответственно, снизилось на ТЭС и СЭС на 73 и 44 часа соответственно.

Существенно – на 143 часа – увеличилось использование установленной мощности ВЭС.

Для рассматриваемых нами ветроагрегатов коэффициент использования установленной мощности (Киум) составляет 2368 часов в год 0,27 (27 процен-

тов календарного времени). А время, когда она вращается по представленным данным, составляет 87 % времени года.

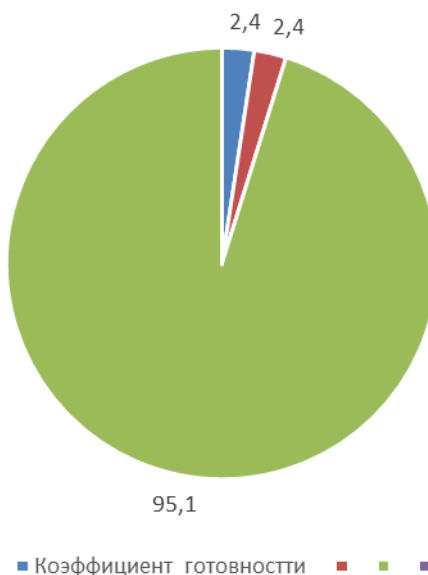


Рисунок 4 - Интервальная структура вероятности того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени ветроэнергетических установок на Ириклинском водохранилище

Список литературы

1. Архив погоды // Погода в России и мире [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.komimeteo.ru/>
2. Кривцов, В.С. Неисчерпаемая энергия. Кн. 2. Ветроэнергетика [Текст]: учебник / В.С. Кривцов, А.М. Олейников, А.И. Яковлев. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», Севастополь: Севаст. нац. техн. ун-т, 2004. – 519 с. – ISBN 966-662-079-0.
3. Лукутин, Б.В. Возобновляемая энергетика в децентрализованном электроснабжении [Текст] : монография / Б.В. Лукутин, О.А. Суржикова, Е.Б. Шандарова. – М. : Энергоатомиздат, 2008. – 231 с. - ISBN 978-5-283-03272-9.
4. Могиленко, А.М. Темпы роста мировой ветроэнергетики [Текст] / А.М. Могиленко // Новости электротехники. – 2007. - №4 (46). – С. 9-12.
5. Оренбургская область [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.orenobl.ru/>
6. Твайделл, Дж. Возобновляемые источники энергии [Текст] : пер. с англ / Дж. Твайделл, А.Уэйр. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 392 с. - ISBN 5-283-02469-5 (рус.).
7. Шефтер, Я.И. Использование энергии ветра [Текст] / Я.И. Шефтер. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 200 с.

ОСВОЕНИЕ ОБУЧАЮЩИМИСЯ ТЕОРИИ И НАВЫКОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ НА ПРИМЕРЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО РЕЛЕ

Сурков Д.В., канд. техн. наук

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Успешное освоение теории и навыков моделирования электромеханических устройств наиболее результативно проводить на основе индивидуальных расчетных заданий. В качестве такого задания обучающимся предлагается выполнить расчет переходного процесса притяжения якоря электромагнитного реле. Расчет уравнений выполняется с использованием программы Mathcad. Для расчета индуктивности катушки силы (или момента) притяжения якоря, нелинейно зависящих от тока в катушке, магнитных свойств материалов и степени их насыщения, геометрии магнитной системы и потоков рассеивания, применяется программа FEMM. Программа является бесплатной и позволяет проводить расчет методом конечных элементов магнитного поля постоянных токов и переменных токов одинаковой частоты. Недостатком программы является возможность расчета полей только в одной плоскости, что для учебных и некоторых практических задач является приемлемым. Программа обладает простым интерфейсом и набором функциональных возможностей (в отличие от коммерческих программ AnsysMaxwell, Elcut и тому подобных), что облегчает задачу и позволяет обучающимся не теряться в многообразии настроек и функциональных возможностей.

Результаты расчета магнитного поля, также дающие представление о сложности задачи, показаны на рисунке 1.

Расчет дифференциальных уравнений, описывающих электромеханический переходной процесс притяжения якоря электромагнитного реле, предлагается выполнить тремя способами:

- методом Эйлера с пошаговым расчетом приращений;
- методом Эйлера с применением заранее рассчитанного в программе FEMM набора индуктивностей и сил магнитного притяжения;
- методом Рунге-Кутты 4-го порядка с применением заранее рассчитанного в программе FEMM набора индуктивностей и сил магнитного притяжения и составлением уравнения регрессии.

Движение якоря в первом способе предлагается описывать уравнением:

$$\alpha = \alpha_0 + \omega_0 \Delta t + \frac{\varepsilon \cdot \Delta t^2}{2},$$

где α_0 , ω_0 , Δt - угол поворота якоря в начале шага расчета, угловая скорость в начале шага расчета, шаг по времени.

Ускорение якоря

$$\varepsilon = \frac{M}{J},$$

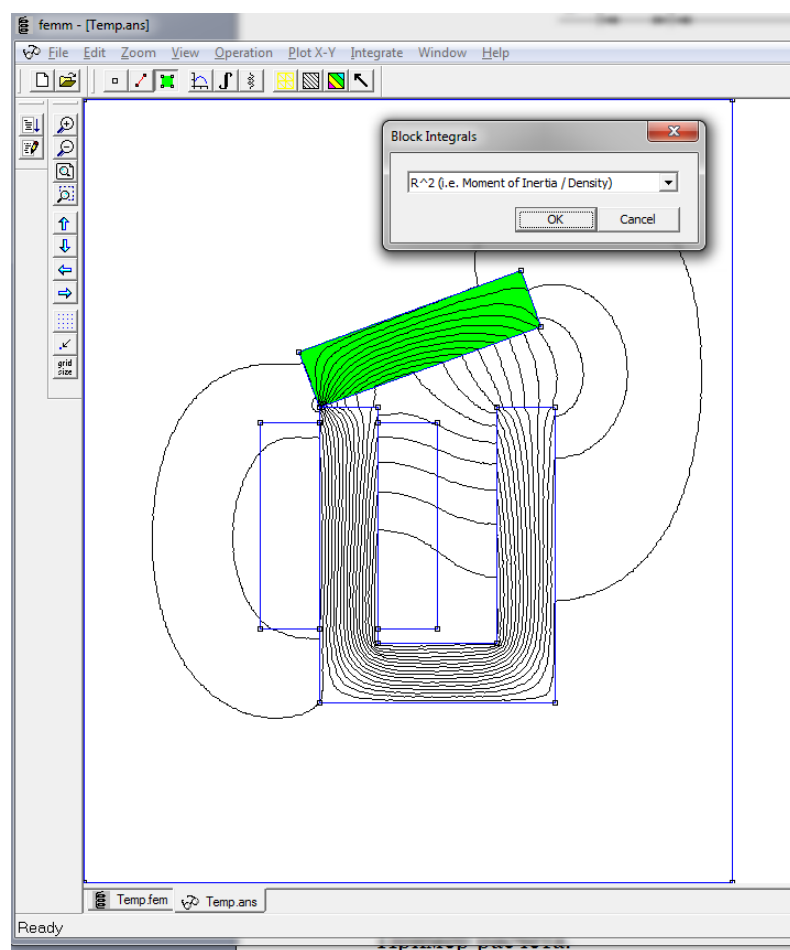
где M - момент от силы магнитного притяжения, Н·м, вычисляется в FEMM;

J – момент инерции якоря, кг·м².

Уравнение равновесия напряжений в обмотке реле классическое:

$$U = L \frac{\Delta i}{\Delta t} + i \cdot R.$$

Индуктивность катушки L также вычисляется в программе FEMM.



α

Рисунок 1 – Результаты расчета магнитного поля реле

Также для изучения внутренней логики работы программы FEMM обучающимся предлагается составить простую программу для автоматизации расчета магнитного поля реле. Программа составляется на языке Lua, встроенном в программу FEMM. Пример программы приведен на рисунке 2.


```

-- количество шагов якоря
r2_StepCount = 20
-- шаг движения якоря, град
r2_Step = 1
-- текущий угол якоря
r2_delta = 0
-- ток катушки
I1 = 4
-- цикл по положениям якоря
for i2=0, r2_StepCount*r2_Step, r2_Step do
  if i2 ~= 0 then
    mi_clearselected()
    mi_selectgroup(1)
    mi_moverotate(0, 0, r2_Step, 4)
    r2_delta = r2_delta + r2_Step
  end
  s1 = ""
  s2 = ""
  -- цикл по току катушки (от 0,1 до 5 А с шагом 0,25)
  for I1 = 0.1, 5, 0.25 do
    mi_modifycircprop("I1",1,I1)
    mi_loadsolution()
    mo_groupselectblock(1)
    Fr = mo_blockintegral(22)
    I1_, V1_, Flux_ = mo_getcircuitproperties("I1")
    mo_clearblock()
    s1 = s1..format("%e",Fr).. " "
    s2 = s2..format("%e",Flux_).. " "
    mo_showdensityplot(1, 0, 2.0, 0, "bmag")
    mo_close()
  end
  save1(s1)
  save2(s2)
end
closefile(handle1)
closefile(handle2)

```

Рисунок 2 – Пример программы для автоматизации расчета магнитного поля при разных параметрах магнитной цепи

Сочетание этих способов позволяет обучающимся поэтапно освоить:

- принципы численного решения дифференциальных уравнений,
- применения комбинации различных САПР для расчета переходного процесса,
- сравнения результатов и затраченных ресурсов для решения одной задачи разными способами,
- способы оценки точности решения задачи разными способами или одним способом с разными параметрами расчета в условиях, когда точное решение неизвестно,
- способы сокращения объема вычислений и времени для задач, требующих значительных временных и вычислительных ресурсов.

Список литературы

1. Быковская, Л. В. Моделирование электрических и магнитных полей в программе FEMM [Электронный ресурс] : лабораторный практикум для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника / Л. В. Быковская, В. В. Быковский, Д. В. Сурков; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т", Каф. автоматизир. электропривода, электромеханики и электротехники. - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 4.45 Мб). - Оренбург : ОГУ, 2019. - 100 с. - Загл. с тит. экрана. - Adobe Acrobat Reader 7.0 - ISBN 978-5-7410-2339-6.

2. Буль, О. Б. Методы расчета магнитных систем электрических аппаратов [Текст] : магнит. цепи, поля и программа FEMM: учеб. пособие для вузов / О. Б. Буль. - М. : Академия, 2005. - 336 с. - (Высшее профессиональное образование). - Библиогр.: с. 325-327. - ISBN 5-7695-2064-7.

О ПРАКТИКЕ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПЛАТНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ПРОГРАММЫ SMATHSTUDIO В КУРСОВЫХ РАБОТАХ ПО ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

Ушакова Н.Ю., канд.техн.наук, доцент

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Оренбургский государственный университет»

Учебными планами дисциплин «Теоретические основы электротехники» (ТОЭ) и «Общая электротехника» предусмотрено выполнение студентами курсовой работы, расчетно-графического задания или контрольной работы. Эти индивидуальные задания для самостоятельной работы направлены на формирование навыков электротехнических расчетов на основе изученного в дисциплине теоретического материала. Их выполнение предусматривает широкое использование для расчетов и анализа вычислительной техники и современных математических программ.

Традиционно с конца 90-х годов прошлого века программой выбора для выполнения расчетных работ в области электротехники был Mathcad – мощная и в то же время понятная математическая программа, позволяющая без проблем проводить расчеты во всех разделах электротехники[1-2]. Mathcad легко осваивается студентами, может решать широкий спектр математических задач, имеет богатые графические возможности. Вузами разработано большое количество учебных и методических изданий по использованию Mathcad в электротехнических дисциплинах. Однако Mathcad – это лицензионный продукт с достаточно высокой стоимостью. Его бесплатная версия MathcadExpress, предлагаемая сегодня разработчиками, имеет весьма ограниченный функционал и не позволяет полноценно решать задачи в области электротехники. Предлагаемые же Интернетом пиратские копии Mathcad являются нелегитимными и не могут рекомендоваться студентам.

Проблема замены Mathcad на равноценную бесплатную программу особенно остро встала в связи с массовым переходом студентов на дистанционное обучение в период пандемии коронавируса. Потребовалась программа, которая легко установится на домашние компьютеры или мобильные устройства студентов с любой операционной системой и будет иметь функционал, близкий к функционалу Mathcad.

В результате сравнительного анализа наиболее распространенных бесплатных математических программ, в том числе Scilab, Maxima, FreeMat, Octava, для использования в курсе электротехники была выбрана программа SmathStudio [3].

SmathStudio разрабатывается с 2006 года, ее разработчик – российский программист Андрей Ивашов. Это программа с открытым кодом, которая непрерывно дорабатывается и совершенствуется, вышло уже очень много ее версий. В расширении ее возможностей может принять участие любой пользо-

ватель. Программа содержит постоянно пополняемый набор плагинов, разработанных программистами со всего мира. Значительная часть плагинов устанавливается в каждой следующей актуальной версии SmathStudio, остальные – при необходимости устанавливаются из Галереи онлайн.

В России SmathStudio пока не имеет такого распространения, как Mathcad. Даже русскоязычный форум на официальном сайте программы закрылся 5 лет назад из-за низкой активности российских пользователей. Руководства и пособия по SmathStudio разработаны в основном зарубежными авторами. Следует также отметить, что большая часть этих изданий, а также видеоуроков, представленных в YouTube, представляют собой инструкции по обзору функционала программы и его применению к решению абстрактных математических задач и не носят прикладной характер.

К преимуществам SmathStudio перед другими математическими программами можно отнести:

- возможность установки при различных операционных системах;
- наличие облачной (онлайн) версии и мобильных версий;
- малый объем, простоту установки, как на стационарный компьютер, так и на любое мобильное устройство (смартфон, планшет).

Однако наиболее привлекательным в SmathStudio является сходство его интерфейса и функционала с Mathcad. Это позволяет без труда перевести выполнение курсовых проектов и расчетно-графических заданий по ТОЭ и Общей электротехнике на платформу SmathStudio.

При детальном сравнении этих двух программ оказывается, что отличий у SmathStudio достаточно много и начинаются они уже на этапе ввода и корректировки данных:

- в SmathStudio существует опция динамического ввода данных: при вводе первой буквы вводимой переменной или функции появляется выпадающий список переменных и функций, начинающихся на эту букву, вставка выбранной функции осуществляется клавишей «Tab». Данную опцию при необходимости можно отключать;

- в качестве разделителя целой и дробной частей по умолчанию в SmathStudio используется запятая, при этом в программе заложено, что при любой раскладке клавиатуры (русской или английской), с цифровой клавиатуры будет набираться запятая. При замене в опциях интерфейса запятой на привычную точку (как в Mathcad) или на точку с запятой это выполняться не будет;

- при вводе открывающейся скобки SmathStudio вставляет сразу и закрывающуюся скобку. После ввода в скобки переменной, перед вводом следующей операции, нужно предварительно не забыть выйти за скобки;

- для переноса части текста на другую строку при вводе текста нужно использовать сочетания клавиш Shift+Enter, что не совсем удобно. Аналогично можно осуществлять и перенос длинной формулы на другую строку, однако там эта опция работает не совсем корректно;

- при выборе функций с панелей с переменными и функциями, нужно знать, что в списке функций в меню ряд функций имеют несколько вариантов

(например, функции **for**, **diff**, **sum**), а на панели указан только один вариант каждой из этих функций.

Еще больше отличий SmathStudio от Mathcad выявляется при выполнении расчетов. Расчеты различных режимов работы электрических цепей базируются на решении систем уравнений, составленных на основании основных законов и методов электротехники. И SmathStudio, и Mathcad одинаково хорошо позволяют решать системы линейных уравнений с действительными и комплексными корнями методом обратной матрицы и методом Крамера. При этом расчет можно выполнять как в числах, так и в символьном виде. Так же хорошо находит и действительные, и комплексные корни уравнения функция **polyroots**, которая есть в обеих программах.

Аналогов вычислительному блоку Mathcad **Given–Find** и функции **lsolve** в SmathStudio нет. Некоторые другие функции для решения уравнений и систем уравнений, которые на первый взгляд кажутся аналогами, имеют в Mathcad и SmathStudio отличия (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнение функций Mathcad и SmathStudio

Функция, назначение и особенности применения	
в Mathcad	в SmathStudio
solve – может использоваться для решения уравнений и систем уравнений, как с действительными, так и с комплексными корнями	solve – предназначена для решения отдельных уравнений только с действительными корнями
root – предназначена для решения одного уравнения с одним неизвестным. Если уравнение содержит несколько корней, то функция обеспечивает нахождение единственного корня, ближайшего к заданному начальному значению для искомой переменной.	roots – может использоваться для решения линейных и нелинейных систем уравнений, но только с действительными корнями

Очевидно, что в SmathStudio по сравнению с Mathcad достаточно лимитированный функционал для решений уравнений и систем уравнений с комплексными корнями. Это создает некоторые неудобства, так как математические модели электрических цепей переменного тока описываются именно такими уравнениями.

Ограниченным по сравнению с Mathcad в SmathStudio является и набор функций символьной математики. Например, в Mathcad с помощью функций **collect** и **coeffs** можно привести подобные члены в многочлене и записать вектор его коэффициентов. В SmathStudio подобных операций нет. И это приводит к определенным трудностям в расчетах переходных процессов в цепях второго и

высшего порядка в случае, если характеристическое уравнение имеет комплексные корни.

Недостаточность символьной математики проявляется и при подстановке числовых значений в символьное выражение. SmathStudio не может сам сформировать читаемое выражение и его приходится записывать вручную.

Существенно отличается от Mathcad и подход к построению графиков в SmathStudio. Базовая версия программы не предусматривает предварительное задание пределов изменения графиков и редактирование графика. Чтобы решить эти проблемы, целесообразно установить из Онлайн-галереи один из приведенных там графических плагинов. Наиболее логичным по набору функций и понятным является плагин «X-YPlotRegion».

SmathStudio имеет достаточно широкие возможности по оформлению работ: большой выбор шрифтов, возможности цветового выделения и заключения в рамку фрагментов расчета, вставки фонового рисунка и т.п.

В 2019-2020 годах курсовые работы и РГЗ по ТОЭ и «Общей электротехнике» в SmathStudio выполняли студенты пяти групп по направлениям 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника и 12.03.04 Биотехнические системы и технологии очной и заочной форм обучения. Всех их можно условно разделить на две категории: студенты, ранее изучавшие Mathcad в курсе информатики и студенты, не работавшие ранее в Mathcad или в других системах компьютерной математики.

Все студенты одинаково быстро освоили начальные навыки работы в SmathStudio, выполнили и оформили на достаточно высоком уровне курсовые и расчетные работы. Это еще раз подтвердило возможность и целесообразность использования в электротехнических дисциплинах бесплатной математической программы SmathStudio как альтернативы Mathcad.

Список литературы

1. Ушакова, Н.Ю. Анализ линейных электрических цепей постоянного тока [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Н.Ю.Ушакова, Л.В. Быковская – Электрон. текстовые данные. – Оренбург: ОГУ, 2018. – 104 с.
2. Быковская, Л.В. Трёхфазные цепи [Электронный ресурс]: учебное пособие / Л.В.Быковская, Н.Ю.Ушакова. – Электрон. текстовые данные. – Оренбург: ОГУ, 2015. – 111 с.
3. SMath Studio: официальный сайт программы. – URL: <https://ru.smath.com> (дата обращения 01.12.2020)

МЕТОДИКА РАССТАНОВКИ РЕКЛОУЗЕРОВ В ЦЕЛЯХ ПОВЫШЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЁЖНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Чекунов М.А.

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

В России на данный момент разрабатывается ряд законов, которые регулируют показатели надежности и нормирования в электрических сетях. Данный закон будет предъявлять к энергоснабжающим организациям ряд требований, например, необходимо будет следить за показателями энергонадежности, а также повышать их в случае их несоответствия. Кроме этого, необходимо будет разрабатывать ряд мероприятий в целях стимулирования организаций, к которым принадлежат распределительные сети, к повышению надёжности экономически. В соответствии с этим, перед предприятиями ставится цель сделать лучше характеристики электросетей.

Насколько нам известно, надежность можно повысить путем секционирования. Здесь стоит сделать акцент на применении реклоузеров, поскольку они имеют свойства по улучшению параметров передачи электрической энергии потребителям. Перед организациями встаёт необходимость решения задачи оптимальной расстановки данных аппаратов при комплексной реконструкции сетей.

Стоит обратить внимание, что вопрос расстановки реклоузеров почти не рассматривался в российских статьях. В одной из публикаций [1] авторами используется эвристический алгоритм муравьиной колонии, с помощью которого достигается существенно более высокая скорость сходимости к оптимальной расстановке аппаратов в сети по сравнению с полным перебором вариантов. Однако в данной публикации рассматриваются схемы радиальной структуры и с одним источником питания.

Способ расчета посредством компьютерных программ может быть трудозатратным, в случае если реклоузеры расстановлены в схемах в многочисленными узлами и приборами. Для сравнения, использование алгоритма муравьиной колонии позволило найти оптимальное расположение для 12 реклоузеров менее чем за 47 мс с точностью до 0,13%. На основании этого, самым действенным методом решения является перебор возможных мест установки реклоузеров эвристическими алгоритмами. При этом стоит учитывать схемы с наличием нескольких источников питания, что является необходимым условием для постановки задачи в общем случае.

Необходимо определять наиболее целесообразные места, где можно устанавливать реклоузеры, в целях эффективности использования для достижения нужных показателей надежности электросетей.

В данной статье алгоритм выбора мест установки реклоузеров рассмотрен на примере 37узловой схемы, выбранных из списка испытательных схем IEEE [2]. Для рассмотрения сети с двусторонним питанием в данную тестовую схему в узел 74I был добавлен дополнительный источник. Алгоритм реализован в «MATLAB».

Рисунок 1 - Испытательная схема распределительной сети для 37узлов с добавленным источником питания.

Испытательная схема в данном методе задаётся, используя матрицу ветвей и узлов.

В матрице узлов нужно задать условия:

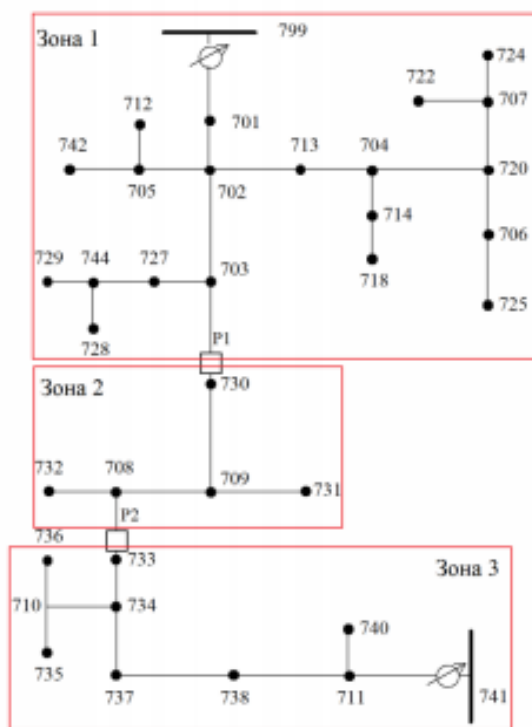


Рисунок 2 - Пример разбиения на зоны

Каждый участок отделяется от других следующими реклоузерами. При использовании методики расчёта показателя учитывается использование сетевого резервирования после локализации аварии ближайшими реклоузерами. Следовательно, в случае КЗ на участке 2 потребители участка 3 продолжают получать питание, которые изначально питались от источника в узле 799.

Алгоритм расчёта SAIFI учитывает число коротких замыканий на каждом участке, потребителей в узле и участке, а также и проверку всех остальных потребителей схемы на доступ к источникам энергии после секционирования сети и локализации аварии.

Таким образом, разработан алгоритм выбора мест установки реклоузеров в распределительных сетях, соответствующих оптимальному значению индекса

SAIFI. Предложенный алгоритм позволяет учесть наличие участков сети, как с радиальной, так и кольцевой топологией, а также электроснабжение схемы от нескольких источников питания.

Список литературы

1. Андрикеева С.А. Оптимизация использования автоматических пунктов секционирования для повышения надёжности распределительной сети энергоснабжения потребителей / С.А. Андрикеева, А.М. Гельфанд, В.Р.Дубонос, В.Г. Наровлянский, О.А. Пшеничникова, А. Л. Толмачев // Электрические станции, №8, 2016. – с. 30–34

2. Distribution Test Feeders / Distribution Test Feeder Working Group. IEEE PES Distribution System Analysis Subcommittee's [Электронный ресурс]. Режим-доступа: <https://ewh.ieee.org/soc/pes/dsacom/testfeeders/>

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ

**Чернова А.Д., канд. техн. наук, Скрябин А.И.,
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Задачами компенсации реактивной мощности (КРМ) в системе электро-снабжения является выбор числа, типа, места установки и мощности компенсирующего устройства. На предприятии эти задачи легко решаются, если в технологическом процессе используются высоковольтные синхронные двигатели (СД). Их отличительной особенностью является то, что они могут работать с различными значениями коэффициента мощности, то есть потреблять или генерировать реактивную мощность в сеть. Эти свойства позволяют использовать СД дополнительно в качестве регулятора реактивной мощности в узлах нагрузки. Однако, как и все электрические машины, синхронные двигатели обладают потерями активной мощности. Если синхронный двигатель используется в технологическом процессе как источник реактивной мощности, то неизбежно возникают дополнительные потери при ее выработке.

Наилучшим источником реактивной мощности, с точки зрения удельных потерь, возникающих при генерации реактивной мощности, являются конденсаторные батареи. Они также просты в обслуживании и эксплуатации. Однако, встает вопрос о экономической целесообразности их применения на предприятии, если в технологическом процессе на производстве уже задействованы синхронные двигатели.

Таким образом, для выбора приоритетного источника реактивной мощности на предприятии, необходимо решить ряд вопросов по технико-экономическому анализу, учесть специфику работы предприятия и технические особенности эксплуатации, того или иного, источника реактивной мощности.

1 Дополнительные потери на генерацию реактивной мощности

Синхронные двигатели на предприятии применяются для механизмов, не требующих регулирования частоты вращения в технологическом процессе: в качестве приводов компрессоров, насосов, вентиляторов и т.д. Экономически обосновано применения СД мощностью от 100 кВт и выше [1,2].

Отличительной особенностью СД от всех других двигателей, является попутная выработка реактивной мощности в режиме перевозбуждения, позволяющая повышать коэффициент мощности в месте установки.

Максимальная вырабатываемая реактивная мощность СД определяется по формуле:

$$Q_{\text{СД макс}} = K_{nQ} \frac{P_{\text{СДН}} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{\text{H}}}{\eta_{\text{СД}}} (1)$$

где K_{nQ} – коэффициент допустимой перегрузки СД по реактивной мощности, зависящий от загрузки по активной мощности β , серии двигателя, технических характеристик и относительного значения питающего напряжения $U_{отн}$;

$P_{сдн}$ – номинальная активная мощность СД по паспортным данным, кВт;

$tg\varphi_H$ – коэффициент реактивной мощности СД.

Генерируемая реактивная мощность СД зависит от его коэффициента мощности и КПД. Приоритетно, в промышленности, СД работают с опережающим коэффициентом мощности равным $\cos\varphi=-0,9$, и при номинальном коэффициенте загрузки $\beta=1$ способны генерировать номинальную реактивную мощность, определяемую по формуле:

$$Q_{сдн} = tg\varphi_H \cdot \beta \cdot \frac{P_{сд}}{\eta} \quad (2)$$

Фактическая (располагаемая) мощность $Q_{сдр}$ будет принимать разные значения при различных коэффициентах загрузки β , определяются по формуле (2).

Как и все электрические машины, синхронные двигатели обладают потерями активной мощности: основными $\Delta P_{осн}$ и добавочными $\Delta P_{доб}$. Но за счет выработки реактивной мощности возникают добавочные активные потери и на КРМ. Эти потери описываются формулой:

$$\Delta P_{ген} = D_1 \frac{Q_{сдр}}{Q_{сдн}} + D_2 \frac{Q_{сдр}^2}{Q_{сдн}^2} \quad (3)$$

где D_1, D_2 – эмпирические коэффициенты зависящие от технических характеристик и исполнения двигателя, кВт. Определяются по справочной литературе [3];

$\alpha_m = \frac{Q_{сдр}}{Q_{сдн}}$ – коэффициент загрузки по реактивной мощности.

На примере типового предприятия, по методике, описанной в [2,8] производится расчет удельных потерь на генерацию реактивной мощности по формулам (1), (2) и (3) при коэффициенте загрузки по активной мощности равном $\beta=0,8$ т.е при нормальном режиме работы СД. Результаты расчетов сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Удельные потери синхронных двигателей на генерацию реактивной мощности

Серия СД	шт	сдн, кВт.	о.е.	Q сдн кВар.	Q сдр кВар.	коэфф. D1 кВт.	коэфф. D2 кВт.	P _{ГСД} кВт.	P _Г ¹ %.
СТ				2	1	5	7		

¹ΔP_Г % - активные потери мощности приведенные к располагаемой выработке реактивной мощности $Q_{сдр}$.

Д		500	,97	,8	474,23	920,00	,80	,96	,29	,48
СД					2	1	1	9		
КП		000	,95	,8	021,05	536,00	0,00	,36	3,01	,85
Ит ого:						3 456			2,30	,65

Исходя из расчетов следует, что удельные суммарные дополнительные потери мощности в СД на генерацию $Q_{СДР}=3456$ кВар мощности составляют 6,5 Вт на 1 кВар реактивной мощности, а суммарные потери $\Delta P_{ГСД}=22,3$ кВт.

Для сравнения определяются удельные потери активной мощности при КРМ батареями статических конденсаторов такой же мощности. Потери активной мощности в высоковольтных батареях конденсаторов (ВБК) марки УКРМ56-10,5-1800 [4] в количестве 2 единиц суммарной мощностью 3600 кВар.:

$$\Delta P_{ГВБК} = Q_{ВБК} \cdot \Delta \operatorname{tg} \delta (4)$$

где $Q_{ВБК}=3600$ кВар – мощность конденсаторной установки;

$\Delta \operatorname{tg} \delta=0,003$ кВт/кВар – удельные потери в конденсаторной установке.

$$\Delta P_{ГВБК} = 3600 \cdot 0,003 = 10,8 \text{ кВт}$$

Таким образом, как удельные потери, так и суммарные потери активной мощности на КРМ у конденсаторной установки более чем на 50% ниже, чем у синхронного двигателя при нормальном режиме работы. Однако, для оценки эффективности ВБК необходимо провести технико-экономическое сравнение СД и ВБК в качестве КРМ.

Уменьшить удельные потери на выработку реактивной мощности $\Delta P_{Г\%}$ синхронным двигателем исходя из расчетов и анализа проведенного в [6,7], можно несколькими способами:

- путем увеличения номинальной мощности и частоты вращения двигателя. Расчеты в таблице 3 показывают, что при увеличении номинальной мощности двигателя на 20% удельные потери уменьшаются в 1,5-2 раза;

- исходя из исследований [7], увеличение коэффициента загрузки β и относительного значения питающего напряжения на зажимах двигателя $U_{отн}$ позволяет уменьшить дополнительные удельные потери $\Delta P_{Г\%}$ за счет уменьшения коэффициента перегрузки по реактивной мощности $K_{ПQ}$. Стоит отметить лишь то, что этот вариант актуален при значениях КРМ в пределах $Q_{СД\max}$, т.е. при работе СД в режиме перегрузки.

На примере рассматриваемого предприятия проанализировано уменьшение удельных потерь $\Delta P_{Г\%}$ на КРМ при увеличении нагрузки на валу и относительного значения питающего напряжения $U_{отн}$ двигателей. Расчет проводится для суммарной двигательной нагрузки, т.е «эквивалентного двигателя». Результаты сведены в таблицу 2. На основании расчетов строится график зависимости удельных потерь от значения коэффициента загрузки по активной мощности $\Delta P_{Г}=f(\beta)$ при различных значениях питающего напряжения $U_{отн}$ (рисунок 1).

Исходя из расчетов в таблице 2 и графика зависимости на рисунке 1 следует, что при постоянстве напряжения $U_{отн}$ и увеличения коэффициента загрузки β от 0,7 до 0,9 удельные дополнительные потери уменьшаются на 9%. Если сравнивать изменение потерь при $U_{отн}=0,95$ о.е. и $\beta=0,7$ с режимом работы СД при $U_{отн}=1,05$ о.е. и $\beta=0,9$, то дополнительные потери уменьшаются на 16%, но при этом уменьшится, и вырабатываемая реактивная мощность в 1,4 раза, что несомненно сказывается на компенсирующей способности синхронного электродвигателя.

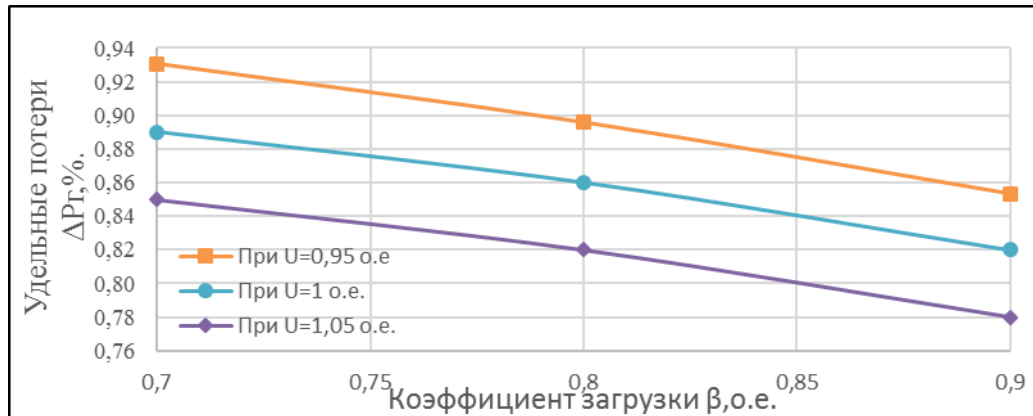


Рисунок 1 - График зависимости удельных дополнительных потерь синхронного двигателя от коэффициента загрузки при различных значениях напряжения

Таблица 2 – Расчет удельных потерь синхронных двигателей

При $U_{отн} = 0,95$ о.е.				
β	$K_{ПQср}$	$Q_{СДмакс}$	$\Delta P_{ГСД}$	$\Delta P_{Г\%}$
0,7	1,48	6659,63	61,97	0,93
0,8	1,40	6309,07	56,52	0,90
0,9	1,30	5868,61	50,08	0,85
При $U_{отн} = 1$ о.е.				
β	$K_{ПQср}$	$Q_{СДмакс}$	$\Delta P_{ГСД}$	$\Delta P_{Г\%}$
0,7	1,38	6180,83	55,23	0,89
0,8	1,30	5850,48	50,41	0,86
0,9	1,22	5479,71	45,13	0,82
При $U_{отн} = 1,05$ о.е.				
β	$K_{ПQср}$	$Q_{СДмакс}$	$\Delta P_{ГСД}$	$\Delta P_{Г\%}$
0,7	1,24	5542,42	46,85	0,85
0,8	1,17	5257,03	42,94	0,82
0,9	1,09	4886,26	38,03	0,78

Уменьшение дополнительных потерь при увеличении относительного напряжения на зажимах двигателя обуславливается уменьшением вырабатываемого реактивного тока, который, при протекании по обмоткам статора, на прямую влияет на величину активных потерь, возникающих при КРМ.

2 Влияние системы возбуждения на генерацию реактивной мощности

Для оценки влияния системы возбуждения на КРМ наряду с формулой (3) используется уточненная формула расчета дополнительных потерь:

$$\Delta P_{Q_{ген}} = D_1 \cdot \alpha_M + D_2 \cdot \alpha_M^2 + D_3 \quad (5)$$

где D_3 – коэффициент учитывающий влияние системы возбуждения на генерацию реактивной мощности СД, кВт.

Эта составляющая дополнительных потерь за висит от типа системы возбуждения, ее параметров и примерно, равна потерям в самой системе возбуждения на генерацию реактивной мощности.

В результате анализа расчета потерь $\Delta P_{Q_{ген}}$ на КРМ [8], для различных серий электродвигателей типа СДН, СДК, СДТ, с различной частотой вращения от 100-300 об/мин, было определено, что дополнительные потери на КРМ составляют порядка 60-90% от номинальной мощности самой системы возбуждения $P_{воз}$, при работе СД с опережающим $\cos\varphi = -0,9$. Так, например, при работе СД в режиме потребления только активной мощности ($\cos\varphi = 1$), мощность системы возбуждения будет составлять порядка 0,5-0,7 от номинальной $P_{воз}$ при потерях в ней порядка 25%.

Таким образом, тип системы возбуждения и ее параметры напрямую ухудшают параметры СД как источника реактивной мощности и влияют на дополнительные потери на КРМ. Этот фактор необходимо учитывать в практических расчетах по определению затрат на КРМ.

3 Техничко-экономическая оценка применения синхронных двигателей в качестве источников реактивной мощности на предприятии

На примере системы электроснабжения типового предприятия «Завод по производству синтетических покрытий» определяется целесообразность применения синхронных двигателей в режиме компенсации реактивной мощности. Из анализа баланса реактивной мощности следует, что на предприятии наблюдается избыток реактивной мощности в 6583 кВар, возникающий из-за выработки РМ синхронными двигателями в режиме перегрузки. По методике, изложенной выше по формулам (1-3) определяются уточнённая вырабатываемая РМ синхронными двигателями и потери, возникающие при ее выработке. Расчеты сведены в таблицу 3.

Таблица 3 - Расчет выработки реактивной мощности синхронными двигателями в режиме перегрузки

Серия СД	шт.	СДН, кВт.	о.е.	п.к.	Q СДН кВар.	Q СДМакс кВар.	1 кВт.	D2 кВт.	P _{ГСД} кВт.	P _Г ² %.	
СТД		500	,97	,8	,34	2 474,23	3 315,46	,80	,96	2,06	,67
СД						2	2				

²ΔP_Г % - активные потери мощности приведенные максимальной выработке реактивной мощности Q_{СДМакс}.

КП		000	,95	,8	,27	021,05	566,74	0,00	,36	7,80	,08
Итого:	Ит						5 882,2			9,86	,85

Во внутризаводскую сеть, синхронные двигатели выдают мощность равную $Q_{\text{СДМакс}} = 5882,2$ кВар. Соответственно, необходимость СД в качестве КРМ определяется как:

$$\Delta Q = Q_{\text{из}} - Q_{\text{СДМакс}} \quad (6)$$

$$\Delta Q = 5683 - 5882,2 = 700,8 \text{ кВар}$$

Таким образом, на данном предприятии нет необходимости использовать СД для генерации реактивной мощности, что позволяет перевести СД в режим работы с коэффициентом мощности равным $\cos \varphi = 1$ и тем самым уменьшить затраты на генерацию РМ и покрытие дополнительных потерь.

Исходя из графика нагрузок реактивной мощности, изображенного на рисунке 2, предприятие работает в 3 смены.

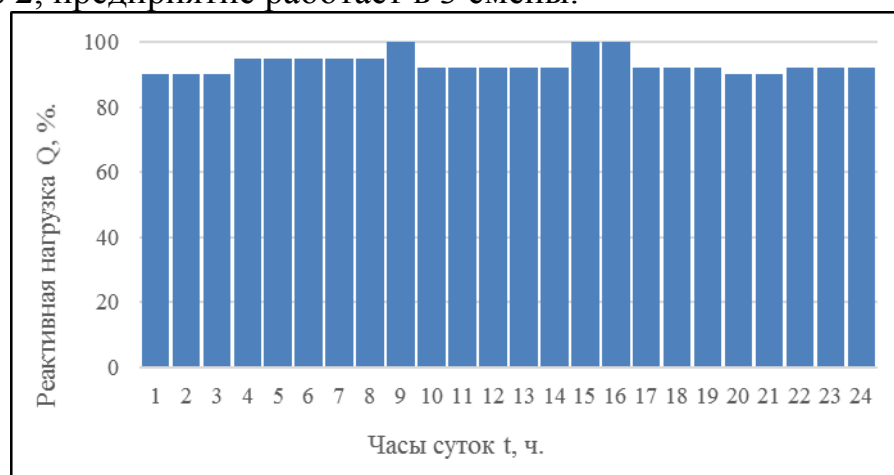


Рисунок 2 - Суточный график нагрузки предприятия по реактивной мощности

При генерации реактивной мощности в течении всего графика работы, основываясь на алгоритме, описанном в [6], выработка $W_{\text{QСД}\Sigma}$ электрической энергии от СД на предприятии за год определяется по формуле:

$$W_{\text{QСД}\Sigma} = Q_{\text{СДМакс}} \cdot t_{\text{ген}} \cdot T_{\text{год}}, \quad (7)$$

где $Q_{\text{СДМакс}}$ – генерируемая СД реактивная мощность;

$t_{\text{ген}} = 24$ ч – количество часов генерации РМ в сутки;

$T_{\text{год}} = 365$ – время работы СД в году, дней.

Годовая выработка электроэнергии в виде дополнительных потерь СД на генерацию РМ равна:

$$W_{\Delta \text{PСД}\Sigma} = \Delta P_{\text{ГСД}} \cdot t_{\text{ген}} \cdot T_{\text{год}}, \quad (8)$$

где $\Delta P_{\text{ГСД}}$ – дополнительные потери СД на КРМ.

Годовые затраты на покрытие потерь на КРМ СД определяются по формуле:

$$Z_{\Delta P} = W_{\Delta \text{PСД}\Sigma} \cdot \alpha_p, \quad (9)$$

где $\alpha_p = 1,23$ кВт/руб – одноставочный тариф на потребление ЭЭ(активной мощности) предприятием [9].

Экономический годовой эффект при уменьшении избыточной генерации РМ синхронными двигателями:

$$\mathcal{E}_{\text{QГСД}} = W_{\text{QСД}\Sigma} \cdot b_q, \quad (9)$$

где b_q – тариф на генерацию ЭЭ (реактивной мощности) предприятием. Может принимать значения в пределах 0,1-1,5 $\alpha_{\Delta p}$ [2,4],

$\alpha_{\Delta p} = 0,29$ кВт/руб – ставка на оплату расхода ЭЭ (технологических потерь) предприятием [9].

Исходя из расчетов, при полном прекращении КРМ синхронными двигателями, на предприятии по-прежнему сохраняется избыток реактивной мощности, получаемой из системы $\Delta Q_{\Sigma} = 700,8$ кВар. Поэтому, уменьшение годовых затрат на потребление РМ из сети равно $Z_{\Delta Q}$:

$$Z_{\Delta Q} = \Delta Q_{\Sigma} \cdot t_{\text{ген}} \cdot T_{\text{год}} \cdot b_q \quad (9)$$

Суммарное уменьшение затрат на предприятии:

$$Z_{\Sigma} = Z_{\Delta p} + \mathcal{E}_{\text{QГСД}} + Z_{\Delta Q} \quad (9)$$

По формулам (7–12) производится расчет затрат на КРМ и активные потери, и результаты сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Уменьшение затрат предприятия после проведения мероприятий по оптимизации компенсации реактивной мощности

Параметр	Величина
Выработка электроэнергии синхронными двигателями $W_{\text{QСД}\Sigma}$, млн. кВар/ч	51,52
Потери электроэнергии на выработку реактивной мощности двигателями $W_{\Delta p \text{СД}\Sigma}$, млн. кВар/ч	0,436
Затраты на покрытие потерь КРМ синхронными двигателями $Z_{\Delta p}$, млн.руб	0,536
Экономический годовой эффект при уменьшении избыточной генерации РМ синхронными двигателями $\mathcal{E}_{\Sigma}$, млн.руб	2,24
Уменьшение затрат на избыточную реактивную мощность получаемую из системы $Z_{\Delta Q}$, млн.руб	0,266
Суммарное уменьшение затрат предприятия при мероприятиях по КРМ Z_{Σ} , млн.руб	3,05

Заключение

Таким образом, можно сделать вывод о том, что компенсация реактивной мощности синхронными двигателями на предприятии должна осуществляться в результате анализа режима их работы и технико–экономического обоснования. Наличие высоковольтных двигателей в технологическом процессе предприятия позволяет уменьшить затраты на централизованную компенсацию реактивной мощности, а меры по оптимизации компенсирующей способности двигателей способны уменьшить удельные активные потери мощности в них.

Список литературы

1 Сыромятников И.А. Режим работы асинхронных и синхронных двигателей/Под. ред. Л.Г Мамиконянца. – 4-е изд., переработ. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 240., ил.

2 Веселов А.Е., Карпов А.С., Ярошевич В.В. Техничко-экономическая оценка эффективности привлечения синхронных электродвигателей предприятий к генерации реактивной мощности. // А.Е. Веселов, А.С. Карпов, В.В. Ярошевич; Центр физико-технических проблем энергетики Севера КНЦ РАН; Апатитский филиал МГТУ, кафедра электроэнергетики. // Вестник МГТУ, том 12, №1, 2009 г. стр.83-88. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://vestnik.mstu.edu.ru/>. (дата обращения: 20.04.2020).

3 Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2 т. Т. 1. Электроснабжение/Под общ. ред. А. А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 1986.- 568 с.: ил.

4 Компания «Хомов Электро». Завод изготовитель компенсирующих установок. Статьи. Учет реактивной мощности в стандартных договорах на поставку электроэнергии. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://khomovelectro.ru/>. (дата обращения: 21.04.2020).

5 Ильяшов В.П. Автоматическое регулирование мощности конденсаторных установок. Изд. 2-е, перераб. и доп. М., «Энергия», 1977. – 104 с. (дата обращения: 21.04.2020).

6 Давыдов Д. Ю. Техничко-экономическая оценка привлечения синхронных двигателей предприятий к генерации реактивной мощности: магистерская диссертация // Д. Ю. Давыдов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Энергетический институт (ЭНИН), Кафедра электроснабжения промышленных предприятий (ЭПП); науч. рук. А. В. Кабышев. - Томск, 2017. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://earchive.tpu.ru/>. (дата обращения: 22.04.2020).

7 Дополнительные потери в синхронных двигателях в режиме перевозбуждения. А.В. Ефимовский, соискатель, НТУ «ХПИ» Ю.В. Владимиров, канд. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ» Е.С. Кобец, магистр, НТУ «ХПИ». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.kpi.kharkov.ua/ukr/>. (дата обращения: 22.04.2020).

8 Абрамович Б. Н., Круглый А. А. Возбуждение, регулирование и устойчивость синхронных двигателей / Б. Н. Абрамович, А. А. Круглый. – Л.: Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1983. – 128 с. 7. Чиликин М. Г. Синхронные приводы / М. Г. Чиликин. – М.: Энергия, 1967. – 80 с.

9 Постановление «Об установлении единых (котловых) тарифов на услуги по передаче электрической энергии на территории Оренбургской области на 2020 год». АО «ЭнергосбыТ Плюс». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://oren.esplus.ru/>. (дата обращения: 23.04.2020).

ПРИМЕНЕНИЕ МОДУЛЬНО-ШТЫРЕВОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ В МИКРОСИСТЕМАХ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Шлейников В.Б., канд. техн. наук, доцент, Иванов А.В.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В целях электробезопасности для предотвращения опасного воздействия электрического тока, а также для системы ТТ [3] наиболее подходящей для частного дома, выполняется защитное заземление.

Основной показатель заземляющего устройства, определяющий его способности выполнять свои функции и определяющий его качество это отношение напряжения на заземляющем устройстве и току, проходящему с заземлителя в землю. Главным показателем заземляющего устройства является сопротивление заземления. [1]

Самым перспективным заземлением для частного дома и микросети на донный момент является модульно-штыревое заземление [1] так как оно:

- 1) Намного долговечнее, до 100 лет при использовании стержней из легированной стали.
- 2) Простая в монтаже, не требующая земляных и сварочных работ.
- 3) Небольшая стоимость комплекта заземления.
- 4) Занимает очень мало места на территории участка.
- 5) Возможность монтажа на любом этапе строительства дома.

Для начала расчёта сопротивления модульно-штыревого заземления необходимо определить тип почвы на участке где предполагается монтировать заземление, определившись с типом грунта, находим удельное сопротивление (R) из таблицы 1. [2]

Грунт	R Ом*м	Грунт	R Ом*м
Песок	40-1000	Торф	20
Супесок	150-400	Чернозём	10-50
Суглинок	40-150	Мергель, из-вестняк	1000-2000
Глина	8-70	Скальный грунт	2000-4000
Садовая земля	40		

Таблица 1 – Удельное сопротивление грунта.

Далее выбираем коэффициент сезонности (K_m) для стержневых заземлителей по таблице 2, в зависимости от того, в какой климатической зоне находится объект.

Зазем- литель	Климатическая зона			
	I	II	III	IV
Стерж- невой	1,8-2,0	1,6-1,8	1,4-1,5	1,2-1,4

Таблица 2 – Коэффициент сезонности.

Диаметр (d) заземляющего штыря находится по таблице 3.

Матери- ал	Профиль сече- ния	Диаметр, мм	Пло- щадь попе- речного сече- ния, мм ²	Тол- щина стенки, мм
Сталь чёрная	Круглый	1	-	-
	Для вертикаль- ных заземлителей	6	-	-
	Для горизон- тальных заземлителей	1	-	-
	Прямоугольный	0	100	4
	Угловой	-	100	4
	Трубный	-	-	3,5
Сталь оцинкованная	Круглый	3	-	-
	Для вертикаль- ных заземлителей	2	-	-
	Для горизон- тальных заземлителей	1	-	-
	Прямоугольный	0	75	3
	Трубный	-	-	2
		2	-	-
Медь	Круглый	1	-	-
	Прямоугольный	2	50	2
	Трубный	-	-	2
	Канат много- проволочный	2	35	-
		0,8	-	-

Таблица 3 – Наименьшие размеры заземлителей и заземляющих проводников, проложенных в земле.

После выбора грунта и коэффициента сезонности по формуле 1, находим сопротивление контура.

$$R_{0B} = \frac{0.366}{L} * P * K_M * \left(Lg \frac{2 * L}{d} + 0.5 * Lg \frac{4 * t + L}{4 * t - L} \right)$$

где: L и d – длина и диаметр стержня соответственно, м;

P – эквивалентное удельное сопротивление грунта, Ом*м;

t – Заглубление электрода (расстояние от поверхности земли до середины электрода), м.

В экономическом плане данное заземление имеет большое преимущество в отличие от других типов заземления. Цена комплекта данного заземления будет варьироваться от количества заземляющих стержней, но средняя стоимость будет составлять 5000 рублей и в зависимости от типа грунта может быть и меньше.

В комплект входят:

- 1) Стартовый наконечник;
- 2) Стержни;
- 3) Соединительные муфты;
- 4) Головка для забивания штырей;
- 5) Насадка под вибромолот или мощный перфоратор с SDS-max патроном;
- 6) Антикоррозийная токопроводящая смазка;
- 7) Зажим для подключения провода заземления;
- 8) Гидроизоляционная лента.

При этом отсутствуют затраты на земляные и сварочные работы. Вследствие этого ускоряется процесс монтажа и требуется меньше людских ресурсов для установки заземляющего контура.

Списки литературы

1. Современные требования к заземляющим устройствам. Е.А. Куликова, А.Н. Бебрис. 2017 С 1-7.
2. Сравнительный анализ установки заземления в зависимости от типа грунта. Храпов В.А., Гольдман Р.Б.В сборнике: Студенческие научные работы землеустроительного факультета. Сборник статей по материалам Всероссийской студенческой научно-практической конференции. Ответственный за выпуск И.В. Соколова. 2018. С. 37-43.
3. Выбор системы заземления электрической сети индивидуального жилого дома Лыков Ю.Ф.В сборнике: Фёдоровские чтения - 2019. Под общей редакцией Б.И. Кудрина, Ю.В. Матюниной. 2019. С. 169-172.

МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЕТНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ДЛЯ ЦЕХА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Шлейников В.Б, канд. техн. наук, Лимаренко М.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Оренбургский государственный университет»

Вызовы современности диктуют новые условия и для дисциплины «Электроснабжение». Отлаженный механизм взаимодействия «преподаватель- обуча- емый», реализуемый на практических занятиях, показывает меньшую эффек- тивность при дистанционном изучении отдельных вопросов дисциплины. Даже при высокой детализации изучаемых приемов и способов определения различ- ных величин, нередко досадные промахи как разработчиков электронных курс- ов, так и обучаемых, способные завести в тупик процесс работы над задачей. В таких случаях, для исправления ситуации требуется консультация преподавате- ля, что в первом приближении значительно снижает интенсивность всего про- цесса.

Как вариант, предлагается работа обучающихся над определенной темой дисциплины в роли наблюдателя. Для этого применяется алгоритм с миними- зированным количеством самостоятельных решений обучающегося. Такой подход реализован в задаче определения расчетных электрических нагрузок групп электроприемников.

Исходными данными служит цех предприятия, который содержит элек- троприемники с определенными паспортными данными. Начальным этапом расчета является группировка электроприемников (далее ЭП) согласно плана расположения технологического оборудования. Затем, выбирается узел присо- единения групп электроприемников, с учетом того, что часть нагрузок трехфаз- ные, а часть однофазные. Реализовано это посредством логического блока вы- бора (показан на рисунке 1) соответствующего варианта расчета:

- 1 группы трехфазных электроприемников;
- 2 группы однофазных электроприемников;
- 3 группы трехфазных и однофазных электроприемников.



Рисунок 1 – Этап выбора варианта расчета

Определение трехфазной нагрузки производится по типовым алгоритмам с учетом паспортных данных ЭП:

Определение суммарной мощности электроприемников в кВт:

$$P_{\text{н}} = \sum (p_{\text{н}i} \cdot n_i),$$

где, $p_{\text{н}i}$ — номинальная мощность i -го электроприемника, кВт;

n_i — количество i -х электроприемников.

Определение среднесменной мощности активной и реактивной отдельных электроприемников:

$$p_{\text{см}} = p_{\text{н}} \cdot k_{\text{и}},$$

где, $p_{\text{н}}$ — номинальная мощность электроприемника кВт;

$k_{\text{и}}$ — коэффициент использования электроприемника; реактивной, в квар.

$$q_{\text{см}} = p_{\text{см}} \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

где, $p_{\text{см}}$ — сменная мощность электроприемника, кВт;

$\operatorname{tg} \varphi$ — коэффициент реактивной мощности.

Определение сменной мощности активной и реактивной данной группы электроприемников:

$$P_{\text{см}} = \sum (p_{\text{см}i} \cdot n_i),$$

где, $p_{\text{см}i}$ — сменная мощность, электроприемника кВт;

n_i — количество i -х электроприемников, шт;

-

$$Q_{\text{см}} = \sum (q_{\text{см}i} \cdot n_i),$$

где, $q_{\text{см}i}$ — сменная реактивная мощность, электроприемника квар;

n_i — количество i -х электроприемников, шт.

Определение группового коэффициента использования:

$$K_{\text{и}} = \frac{\sum P_{\text{см}}}{\sum P_{\text{н}}},$$

где, $P_{\text{см}}$ — сменная мощность группы электроприемника кВт;

$P_{\text{н}}$ — установленная мощность группы электроприемника кВт.

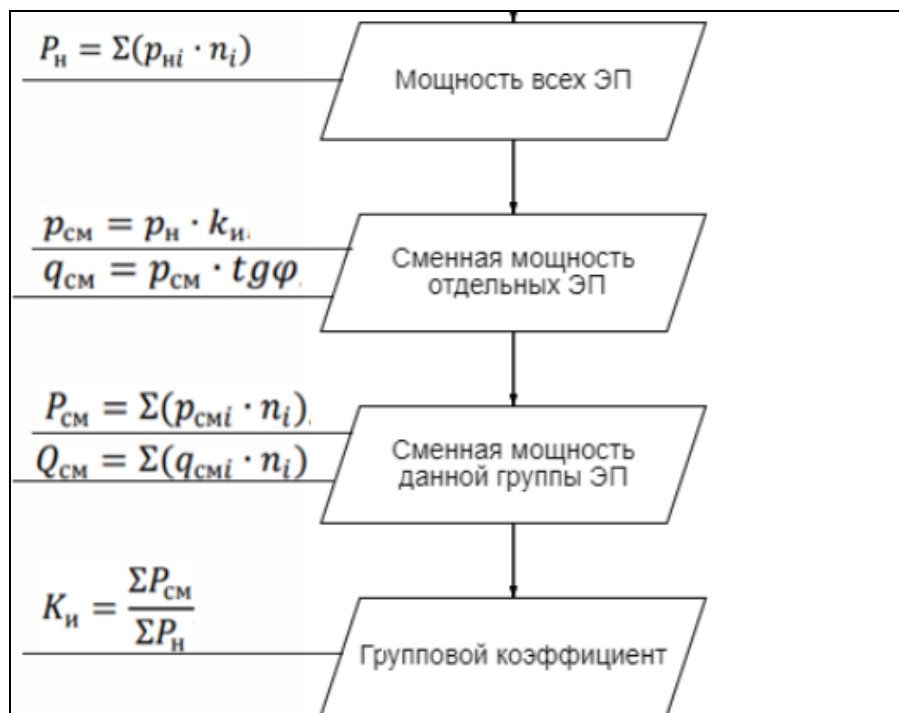


Рисунок 2 – Второй этап алгоритма

Определение $\Sigma n \cdot p_n^2$

Определение эффективного числа электроприемников:

$$n_э = \frac{(\Sigma P_n)^2}{\Sigma n \cdot p_n^2}$$

где, $(\Sigma P_n)^2$ – квадрат суммы установленной мощности группы электроприемников кВт²,

$\Sigma n \cdot p_n^2$ – сумма квадратов установленной мощности отдельных электроприемников группы кВт².

Находится значение коэффициента расчетной нагрузки $-K_p$:

$$K_p = \sqrt{1 + \frac{6 \cdot (1 - K_{и})}{n_э \cdot K_{и}}}$$

где, $K_{и}$ – коэффициент использования,

$n_э$ – эффективное число электроприемников.

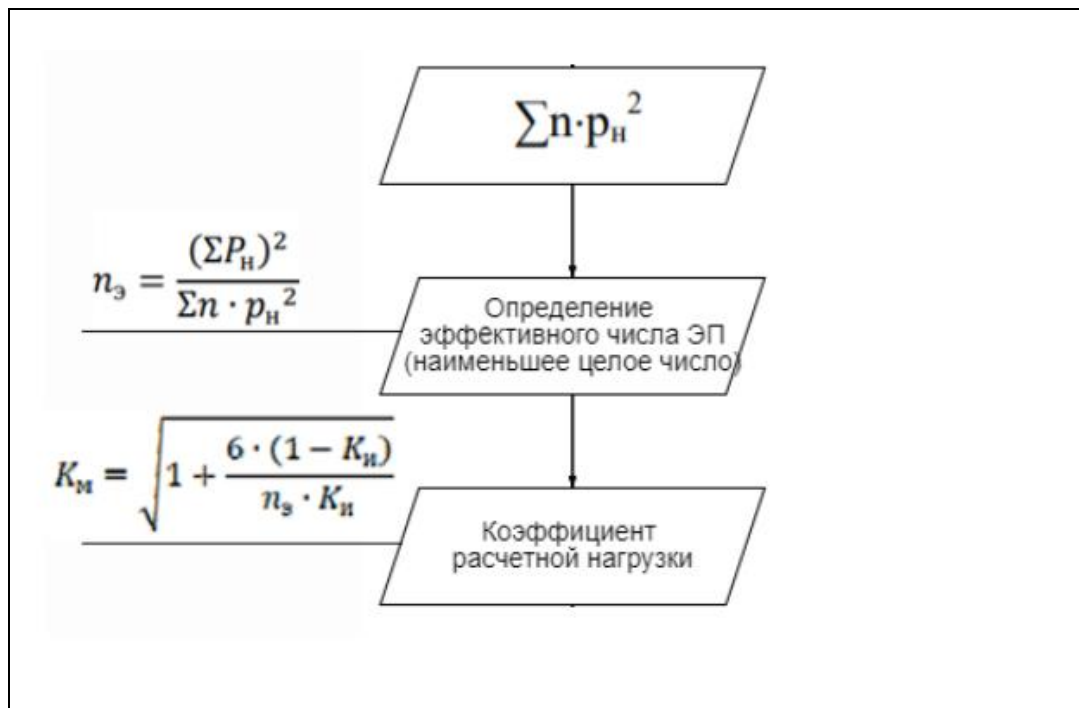


Рисунок 3 – Третий этап алгоритма

Далее при определении расчетной активной и реактивной нагрузки электроприемников следует разннца при расчетах, которая зависит от количества электроприемников в группе для реактивной мощности и величины мощности наиболее мощного электроприемника для активной мощности.

Определение расчетной активной нагрузки группы электроприемников, в кВт:

$$P_p = P_{\text{см}} \cdot K_p$$

где, $P_{\text{см}}$ – сменная активная мощность группы электроприемников кВт,

K_p – коэффициент расчетной нагрузки.

Если расчетная мощность окажется меньше номинальной мощности наиболее мощного ЭП, следует принять:

$$P_p = p_{\text{н.мах}}$$

Определение расчетной реактивной нагрузки в квар, группы электроприемников при $n_{\text{э}} \leq 10$:

$$Q_p = 1,1 \cdot Q_{\text{см}}$$

где, $Q_{\text{см}}$ – сменная реактивная мощность группы электроприемников квар.

При $n_{\text{э}} > 10$ принять:

$$Q_p = Q_{\text{см}}$$

Для упрощения восприятия можно изобразить данный этап на схеме:

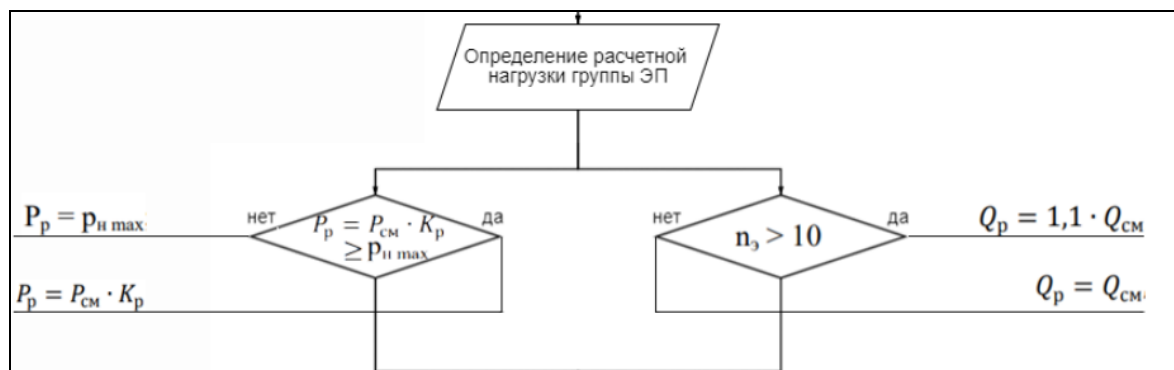


Рисунок 4 – Определение расчетных нагрузок

Определение полной расчетной мощности:

$$S_p = \sqrt{P_{\text{см}}^2 + Q_{\text{см}}^2}$$

Определение расчетного тока:

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

По итогу для расчета трёхфазной нагрузки мы получили итоговую блок-схему, которая включает в себя два варианта решений, каждый из которых зависит от приведенных выше условий:

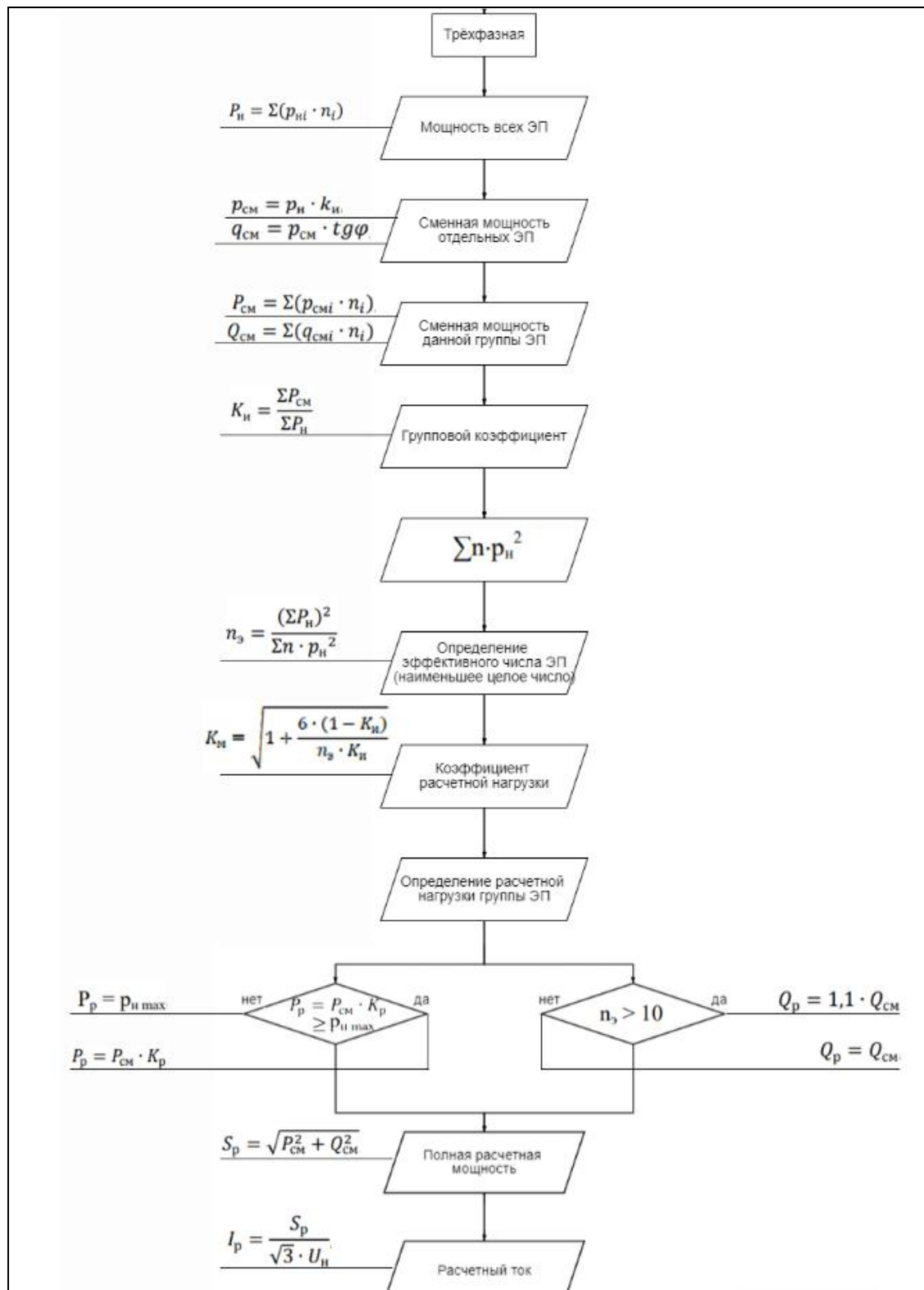


Рисунок 5 – Блок-схема для расчета трёхфазных нагрузок

Расчет для однофазной группы электроприемников также, как и трехфазный включает в себя этапы для решения, каждый из которых зависит от условий.

По итогу мы имеем девять абсолютно разных видов решений:

1 трехфазная нагрузка без однофазной в группе;

- 2 трехфазная нагрузка с однофазной в группе;
- 3 однофазная нагрузка без трехфазной в группе с количеством ЭП больше трех и мощностью ЭП больше 5 кВт;
- 4 однофазная нагрузка без трехфазной в группе с количеством ЭП больше трех и мощностью ЭП меньше 5 кВт;
- 5 однофазная нагрузка без трехфазной в группе с количеством ЭП больше трех и различной мощностью ЭП;
- 6 однофазная нагрузка с трехфазной в группе с количеством ЭП больше трех и мощностью ЭП больше 5 кВт;
- 7 однофазная нагрузка с трехфазной в группе с количеством ЭП больше трех и мощностью ЭП меньше 5 кВт;
- 8 однофазная нагрузка с трехфазной в группе с количеством ЭП больше трех и различной мощностью ЭП;
9. число ЭП меньше трех.

В данной работе выполнено упрощение визуального восприятия расчета электрических нагрузок [1], методические указания к которому указаны в источнике [2]. В результате получена блок-схема, реализация которой возможна с помощью современных пакетов прикладных программ или в качестве самостоятельного приложения.

Частичное использование элементов данной разработки позволило автоматизировать процесс изучения темы «Электрические нагрузки», уменьшить временные затраты на ее изучение.

Список литературы

- 1 Указания по расчету электрических нагрузок. РТМ 36.18.32.4-92 / Инструктивные и информационные материалы по проектированию электроустановок. – 1992. -№7. – 8. С. 4–28.
- 2 Шлейников, В.Б. Электроснабжение цеха. Курсовая работа: учебное пособие / В.Б. Шлейников, Оренбургский гос. ун-т. – Новосибирск: Изд. ООО «СибАК», 2020. – 102 с
- 3 Электрические нагрузки промышленных предприятий / С.Д. Волобринский [и др.]. - М.; Л.: Энергия, 1964. - 304 с.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТИПОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫХ ПЕРЕДВИЖНЫХ УСТАНОВОК

Шуляев А.С., Греков Э.Л., канд. техн. наук, доцент
Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Автономные передвижные установки широко применяются в условиях отсутствия проложенных линий электропередач, или как резервный источник питания в случае аварийных ситуаций.

Автономные передвижные установки малой мощности (до 10 кВт) очень редко используют устройства защиты и регулирования из-за редкого распространения установок данной мощности, данные установки имеют высокую стоимость.

Но использование электропривода для автономных установок малой мощности необходим при высоких требованиях к безопасности, или если установка требует высокие требования к качеству питающей сети, имеется необходимость использовать электропривод для управления параметрами питания.

На рисунке 1 представлен состав системы управления электроприводом



Рисунок 1 – Состав системы управления электроприводом

Был проведен анализ научно-технической литературы в области электропривода автономных передвижных устройств.

Выделено 3 основных типа системы управления электроприводом для автономных передвижных устройств:

- Релейно-контакторная система управления
- Тиристорная система управления

-Частотно-регулируемая система управления

В качестве управления имеется возможность использовать релейно-контакторную систему управления, тиристорную систему управления или частотную систему управления.

В таблице 1 указаны преимущества и недостатки релейно-контакторной системы управления электроприводом.

Таблица 1 – Преимущества и недостатки релейно-контакторной системы управления.

преимущества	недостатки
Наличие гальванической развязки	Быстродействие
Значительная коммутационная мощность	Высокая вероятность ложных срабатываний
Высокая помехоустойчивость	Большие механические потери мощности при срабатывании контакторов
Возможность осуществления питания цепи управления от одного источника питания	Регулирование системы нелинейно
Простота обслуживания	Ограниченное количество коммутации

Для автономной передвижной установки гальваническая развязка является преимуществом, но её можно реализовать и на других системах управления при помощи оптопар.

Значительная коммутационная мощность в данном типе электропривода также не имеет сильного влияния, так как установка имеет небольшую мощность.

Питание от одного источника питания данной системы имеет преимущество простоты реализации питания электропривода, но при дальнейшем усовершенствовании системы управления, уменьшается количество способов реализации управления (типы реле и контакторов), следовательно, для реализации новой системы управления необходимо будет изменить не только систему управления, но и компонентов цепи питания и электропривода.

Время срабатывания релейно-контакторной системы управления составляет 0,005...0,1 секунду, что на несколько порядков больше чем время срабатывания тиристорной или частотной системы управления.

Релейно-контакторная система управления подвержена влиянию наводящегося напряжения, из-за возникновения электромагнитных полей. Данный недостаток может привести к ложному срабатыванию. Избавиться от данного влияния можно при использовании гальванической развязки, но её можно применить для цепи управления, а реализовать цепь питания при помощи гальванической развязки невозможно.

Один из главных недостатков данной системы это большие механические потери и тепловые потери при срабатывании контакторов. Данный электропривод питается от автономного источника питания, мощность которого ограничена. При использовании релейно-контакторной системы управления, потребуется источник большей мощности, чем при использовании тиристорной или частотной системы управления. Для этого потребуются батареи большей емкости и способные выдавать большой ток. Основная проблема будет лежать в выборе плат заряда и инверторных установок, так как производители имеют ограниченную линейку оборудования. При использовании плат заряда и инверторных установок большей мощности повышается стоимость реализации электропривода, а система работает неэффективно, так как реализуется не на всю мощность.

Регулирование релейно-контакторной системы менее затруднительно, по сравнению с тиристорной или частотной системой управления, но данная система регулируется нелинейно, и характеристика регулирования. [1]

В таблице 2 указаны преимущества и недостатки тиристорной системы управления

Таблица 2 – Преимущества и недостатки тиристорной системы

преимущества	недостатки
Отсутствие механических потерь	Жесткая зависимость напряжения управления и выходного напряжения
Малые габариты	Потери из-за наличия высоких гармоник
Точность регулирования	Сложность регулирования электропривода
Быстродействие	Тепловые потери

Основным достоинством применения тиристорной системы управления вместо релейно-контакторной является отсутствие механических потерь, так как в данной системе управления отсутствуют механические контакты.

Данная система управления в сравнении с релейно-контакторной системы управления имеет меньшие габаритные размеры, вследствие чего уменьшается масса электропривода, следовательно, данная система управления мобильнее по сравнению с релейно-контакторной системой управления.

Тиристорная система управления обладает более высоким быстродействием по сравнению с релейно-контакторной системой управления.

Жесткая зависимость напряжения управления от выходного напряжения, в конструкции электропривода имеется необходимость использования регуляторов напряжения с высоким качеством напряжения.

Тиристорная система управления имеет потери из-за наличия высоких гармонических потерь, потери мощности из-за высоких гармоник тиристорной системы управления небольшие, но при конструировании электропривода ав-

тономной установки основным фактором является наименьшее количество потерь.

Основным недостатком данной системы регулирования, является сложность регулирования, при условии, что данная система имеет высокое качество регулирования. Для регулирования тиристорной системой управления требуется высококвалифицированный персонал.

Основным недостатком является наличие тепловых потерь. Данная система требует эффективную систему охлаждения тириستоров, так как тиристоры при работе имеют высокую температуру нагрева. При перегреве тиристоры подвержены выходу из строя, так как для тиристоров наиболее опасна работа при высоких температурах из-за теплового пробоя, в отличие от лавинного или туннельного он является необратимым. [2]

В таблице 3 приведены достоинства и недостатки частотно-регулируемого электропривода

Таблица 3 – Достоинства и недостатки частотно-регулируемого электропривода

преимущества	недостатки
Точность регулирования	Требуется защита от помех
Низкое энергопотребление	Требуется двигатель особой конструкции (работа в режиме превышения номинальной скорости)
Мягкие регулировочные характеристики	Потери из-за наличия высоких гармоник
Выходные характеристики менее зависимы от напряжения	Повышенный износ деталей электродвигателя
быстродействие	

Основным преимуществом использования частотно-регулируемого электропривода являются схожие с тиристорным управлением электропривода быстродействие и точность регулирования, но при этом данная система имеет более низкое энергопотребление и данная система управления менее зависима от напряжения управления, так как данная система имеет более широкий диапазон регулирования выходных характеристик (при помощи зависимости от частоты U/f).

Звено управления частотного электропривода (частотный преобразователь) является готовой сборочной единицей, следовательно, не требуются затраты по времени для проектирования и упрощается ремонтпригодность.

У частотного электропривода имеется существенный недостаток, частотный преобразователь является источником помех, следовательно, необходимо экранирование корпуса и кабелей.

Основным недостатком частотно-регулируемого электропривода является применение электродвигателей особой конструкции, которые дают возможность плавного и стабильного регулирования скорости электродвигателей и вы-

сокий пусковой момент в любой момент времени. Частотно-регулируемый электропривод позволяет использовать промышленные электродвигатели.

Промышленные электродвигатели при использовании частотно-регулируемого электропривода работают на более высоких скоростях, следовательно, подвержен повышенному износу. Данные двигатели также подвержены повышенным потерям стали на перемагничивание. Пусковой момент при использовании электродвигателей промышленной конструкции не имеет возможности регулирования пускового момента. [3]

Проведенный анализ научно-технической литературы в области электроприводов автономных передвижных установок показал, что наиболее предпочтительным для использования электропривода автономной передвижной установки является частотно-регулируемый электропривод, так как данная система обладает низким энергопотреблением что позволит сэкономить на платах заряда и инверторных установках. И данная система регулирования имеет высокую точность регулирования.

Список литературы

- 1.М. Белал – «Исследование релейных систем управления высокой точности в специальных режимах» 2002 С.1-10.
- 2.В.А.Фролов - «Электронная техника» уч. Ч.1 2015 С 275 - 280
- 3.Назипова Л.Н. «Недостатки применения частотного управления на типовых асинхронных двигателях» 2017 С 4.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА САМОЗАПУСКА СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ В MATLAB (SIMULINK)

**Щетинин А.Ю., Пилипенко В.Т., канд.техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»**

Явления коротких замыканий в сетях и промышленных приемниках, а также другие виды дефектов, которые могут привести к запуску устройств автоматического повторного включения и автоматического ввода резерва, как правило сопровождаются недолговременным значительным уменьшением или же полной потерей напряжения за период времени примерно равный от 0,2 до 5 секунд. После чего восстановление (или же частично обеспечено) питания будет обеспечено наличием в системе от прежнего (в случае наличия автоматического повторного включения) или резервного (в случае наличия автоматического ввода резерва) источника.

В первые доли секунды отключения или провала напряжения у электрических машин значительно снижается их частота вращения. В случае небольших машин, обладающих малой мощностью, этот процесс будет занимать доли секунды, если электрическая машина является крупным агрегатом, то процесс может занять до 10 секунд и будет называться выбегом.

В момент потери питания от сети, электромагнитный момент электрической машины начинает резко уменьшаться и запускается процесс остановки электродвигателя, которому способствует действие момента сопротивления машины.

По количественному составу агрегатов выбег можно разделить на одиночный и групповой. В случае одиночного выбега электрическая машина будет отсоединена от питающей сети и выбег будет называться «свободным». В случае группового выбега отключение происходит у нескольких двигателей, которые запитываются от одной шины распределительного устройства.

Характер агрегатов, которые подключены к электрической машине в значительной мере будут определять параметры выбега. Значительное влияние будут оказывать начальная скорость, удаленность места короткого замыкания, момент инерции механизма и другие.

При потере питания от сети в электрической машине в процессе выбега в обмотке статора будет происходить наведение электродвижущей силы (ЭДС). В случае асинхронных машин она будет небольшой, а у синхронных весь значительной. От этой силы будет зависеть и ток машины при восстановлении питания (напряжения), в этом случае появляется необходимость создания временного интервала, для того чтобы было обеспечено затухание электродвижущей силы.

В случае асинхронных машин электродвижущая сила будет затухать значительно быстрее, чем будет происходить уменьшение оборотов. А у синхронных машин в начальный момент времени следующий за потерей питания напряжение увеличивается, поскольку чаще всего работа машин сопровождается перевозбуждением, которая способствует выработке реактивной мощности в систему. Соответственно, из-за сохранения тока в обмотке возбуждения синхронной машины электродвижущая сила будет снижаться медленно. Для сокращения временного интервала снижения ЭДС применяются методы, приведенные на Рисунке 1.

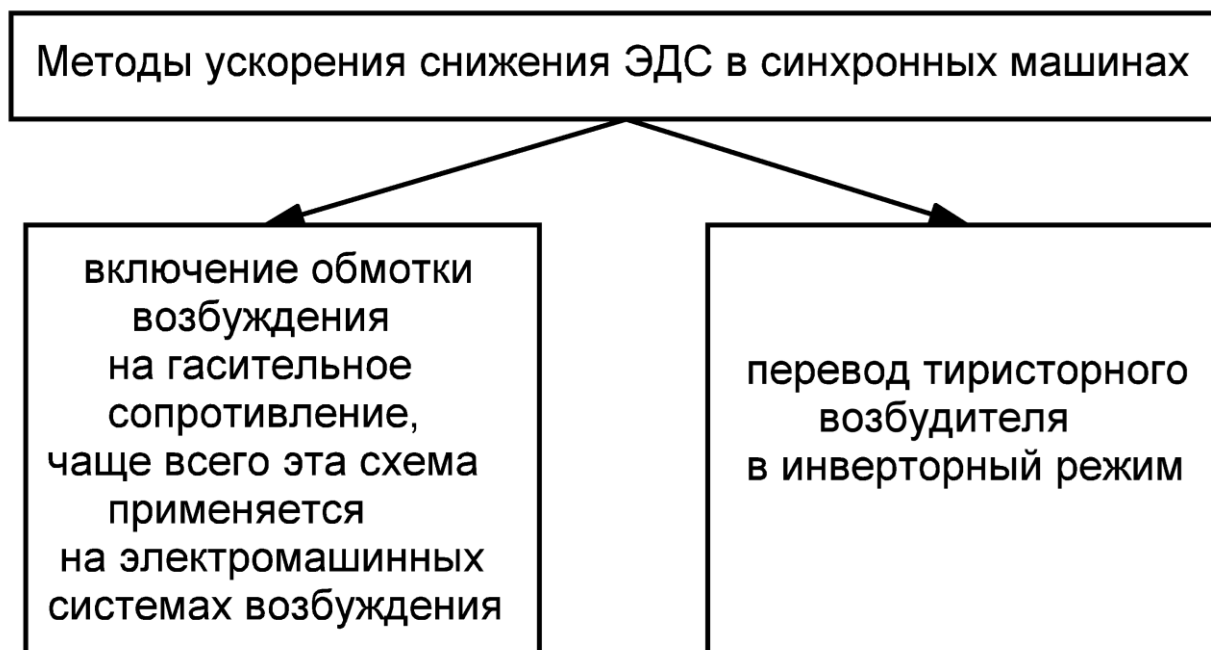


Рисунок 1 – Методы ускорения снижения ЭДС в синхронных машинах.

На данный момент проблема моделирования устойчивости электромеханических систем с синхронными машинами может быть реализована в программных средах, которые специализируются по расчётам режимов энергосистем.

Рассмотрев модели предлагаемый библиотекой ПО MATLAB (Simulink), дает нам право сделать вывод, что представленные там модели весьма близки к используемым в представленных программных средствах.

Таким образом к моделированию процессов самозапуска и расчетов двигателей было принято решение взять ПО MATLAB (Simulink), на основании которой была построена имитационная модель для исследования процессов выбега.

На Рисунке 2 изображена логика работы системы самозапуска синхронного двигателя.

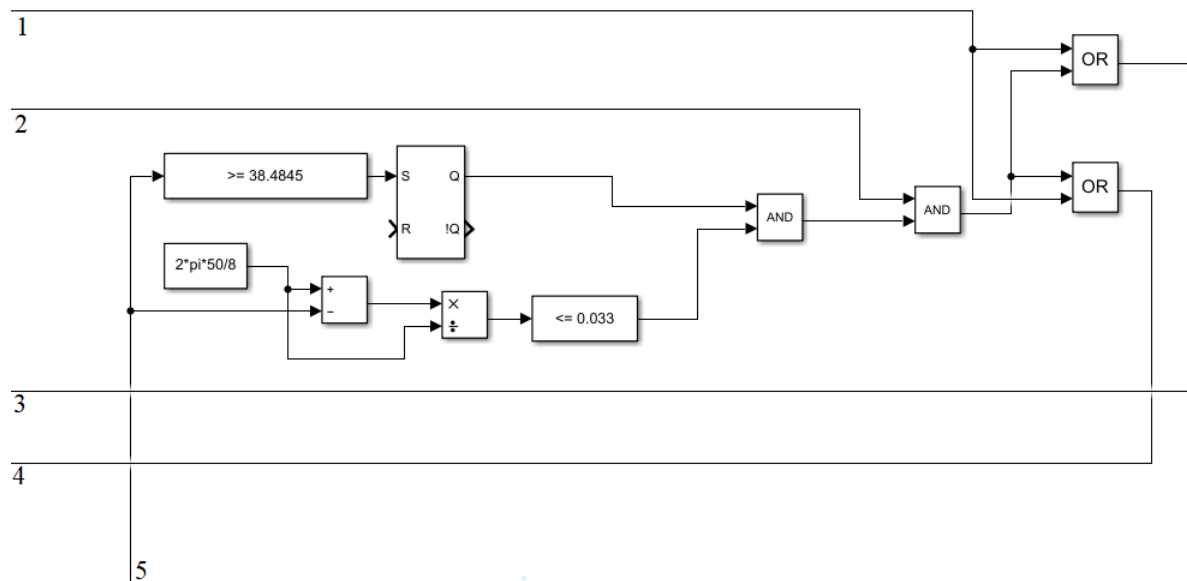


Рисунок 2 – Логика работы системы самозапуска синхронного двигателя СДКП 5000кВт.

где 1– сигнал на включения силового выключателя двигателя при пуске;

2– сигнал, информирующий о наличии напряжения на секции;

3– выходной сигнал на включения силового выключателя питания синхронного двигателя;

4– выходной сигнал управления подачей тока возбуждения двигателя;

5– сигнал, дающий информацию от текущей скорости вращения ротора синхронного двигателя в rad/s.

Данная логика анализирует процесс разгона ротора до подсинхронной скорости, а также сравнивает текущее значение скольжения в любой момент времени.

При моделировании имитационной модели было принято решение после потери напряжения на статоре двигателя отключать систему возбуждения одновременно с силовым выключателем и в дальнейшем подавать постоянный ток в обмотку ротора только после подачи напряжения на статор при одновременном соблюдении условий самозапуска. Результаты настройки системы возбуждения показаны на Рисунке 3.

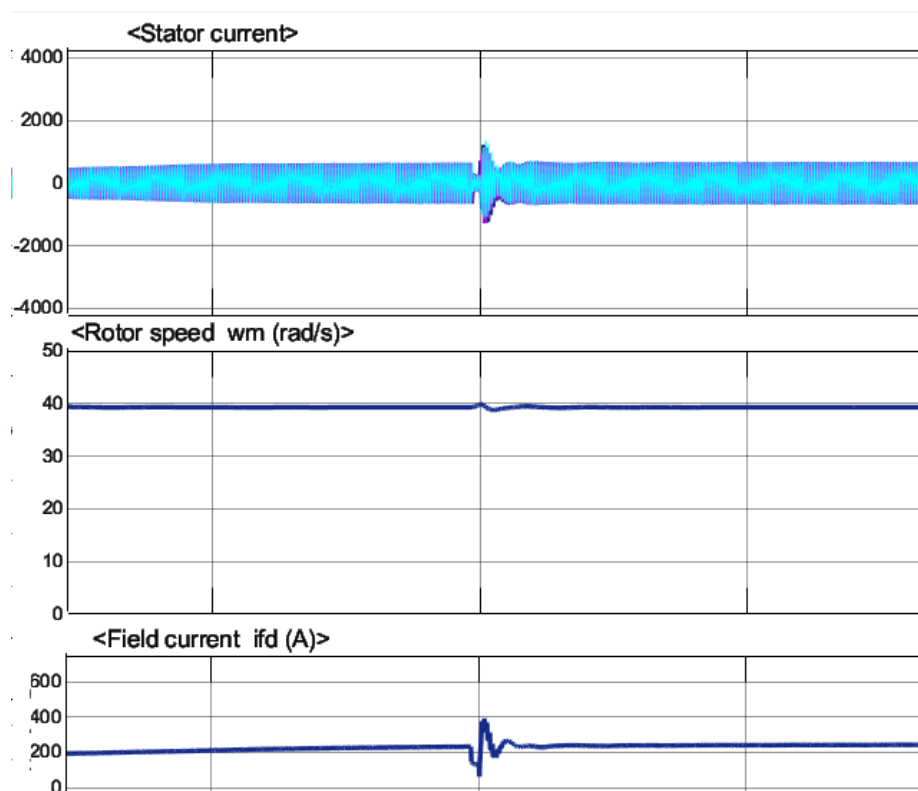


Рисунок 3 – Графики результатов самозапуска синхронного двигателя СДКП.

Модель данного синхронного двигателя практически не почувствовала кратковременную потерю напряжения на статоре.

Рассмотренные случаи потери напряжения имитируют минимальную паузу в электроснабжении 70мс, характерную для работы БАВР.

Работа имитационных моделей показала, что ток статора во время самозапуска не превышает уставки токовых отсечек электродвигателей, а в обмотке ротора присутствует минимальная кратковременная периодическая составляющая тока, характерная для ситуации, в которой ротор незначительно замедлился.

Исходя из результатов, полученных в ходе испытаний имитационных моделей самозапуска, можно сделать вывод: работа моделей отражает действительность.

Список литературы

1. Стыскин Андрей Владиславович, Уразбахтина Нэля Гиндулаевна Моделирование и анализ возможности самозапуска асинхронных двигателей собственных нужд // Электротехнические и информационные комплексы и системы. 2017. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-i-analiz-vozmozhnosti-samozapuska-asinhronnyh-dvigatelay-sobstvennyh-nuzhd> (дата обращения: 24.12.2020).
2. Жилин Борис Владимирович, Исаев Андрей Станиславович Моделирование самозапуска асинхронного двигателя //Известия ТулГУ. Технические науки. 2019. №11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-samozapuska-asinhronnogo-dvigatelya> (дата обращения: 24.12.2020).

3. Пупин , В. М. Исследование режимов пуска и самозапуска электродвигательной нагрузки с целью обеспечения непрерывности технологических процессов [Текст] / Пупин В. М., Басков М. В., Скворцов Д. В. // Промышленная энергетика. - 2006. - N 7. - С. 27-33. - Библиогр.: с. 23.

4. Багинский, Л. В. Влияние последовательных коммутаций на работу дифференциальной защиты мощных высоковольтных электродвигателей / Л. В. Багинский, П. Н. Сорокин, И. П. Тимофеев // Электротехника, 2006. - N 7. - С. 43-51.

5. Крутиков К. К. Возможности оптимизации процесса самозапуска электродвигателей собственных нужд на АЭС / Крутиков К. К. [и др.] // Электрические станции, 2017. - № 9. - С. 35-44. - Библиогр.: с. 44 (6 назв.).

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С СИНХРОННЫМИ МАШИНАМИ

Щетинин А.Ю., Пилипенко В.Т., канд.техн. наук, доцент
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

В случаях достижения более плавного самозапуска все не первостепенные двигатели при падении напряжения на шинах собственных нужд до значений 60-70% от номинала будут отключены устройствами релейной защиты минимального напряжения с выдержкой по времени пол секунды. В случаях синхронных электрических машин, отключение у не первостепенных двигателей будет произведено также автоматически, но вместе с отключением выключателя подачи напряжения от сети. Такими действиями мы можем добиться уменьшение времени затухания $U_{ост}$ и способствует более быстрому срабатыванию защиты минимального напряжения. Значение питающего напряжения на резерве, как правило увеличено на десять процентов от номинала напряжения сети.

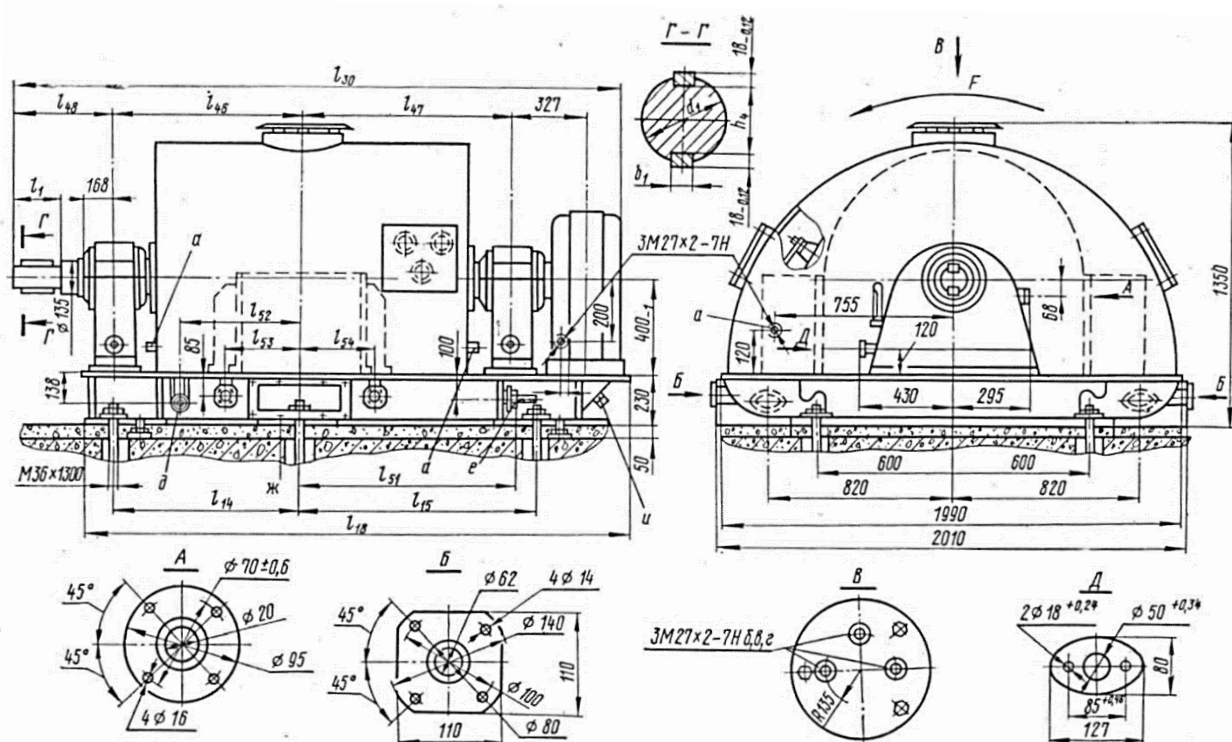


Рисунок 1 – Габаритные и установочные размеры СТПД-6300

Для реализации успешного самозапуска электрической машины напряжение на момент самозапуска на шинах собственных нужд должно быть такое по величине, чтобы оно могло развить избыточный момент для разгона электродвигателей, а временные параметры разбега машин, которые взаимосвязаны со

значениями напряжения в начальный момент и процесса восстановления, не допустимо увеличение свыше предельного параметра.

На сегодняшний день вопросу самозапуска электродвигателей уделено недостаточно внимание и не ставится акцента на техпроцессах и величинах систем электроснабжения и электропривода, что негативно влияет на улучшение процессов самозапуска машин, и до сих пор остается на достаточно низком уровне реализации.

Применение систем эффективного самозапуска даст возможность стабилизации режима и давления перекачки нефтепродуктов, уменьшит энергопотребление посредством применения кинетической энергии электрической машины при выбеге, даст возможность увеличения эксплуатационного срока службы машины посредством уменьшения пускового динамического тока и другие положительные эффекты.

На данный момент проблема моделирования устойчивости электромеханических систем с синхронными машинами может быть реализована в программных средах, которые специализируется по расчётам режимов энергосистем. Для примера рассмотрено 4 основных и наиболее распространённых программных продукта в этой области (рисунок 2).



Рисунок 2 – Особенности моделей СМ, используемых в программах по расчету динамики энергосистем

При моделировании следует учесть ряд особенностей и допущений, которые представлены на рисунке 3.

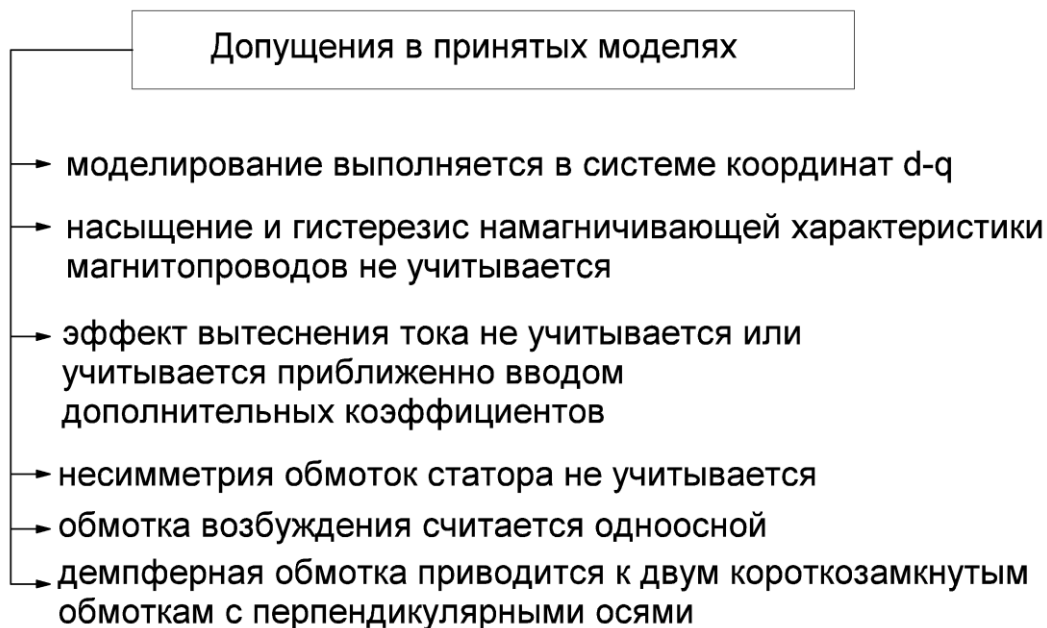


Рисунок 3 – Допущения в принятых моделях

Учитывая наши принятые допущения, моделируемые переходные процессы, которые протекают в рассматриваемых электрических машинах, практически совпадают с ПП разрабатываемой модели, которая учитывает в своем составе 3 контура в каждой из синхронных осей.

Рассмотрев модели предлагаемый библиотекой ПО MATLAB (Simulink), дает нам право сделать вывод, что представленные там модели весьма близки к используемым в представленных программных средствах.

Однако, стоит отметить ряд недостатков при использовании встроенных моделей статических систем возбуждения генераторов типов ST1A и ST2A в соответствии со стандартом IEEE 421.5-2005.

Анализ модели СД, встроенной в программный комплекс MATLAB (Simulink) показывает, что она близка к моделям, применяемым в вышеперечисленных программах.

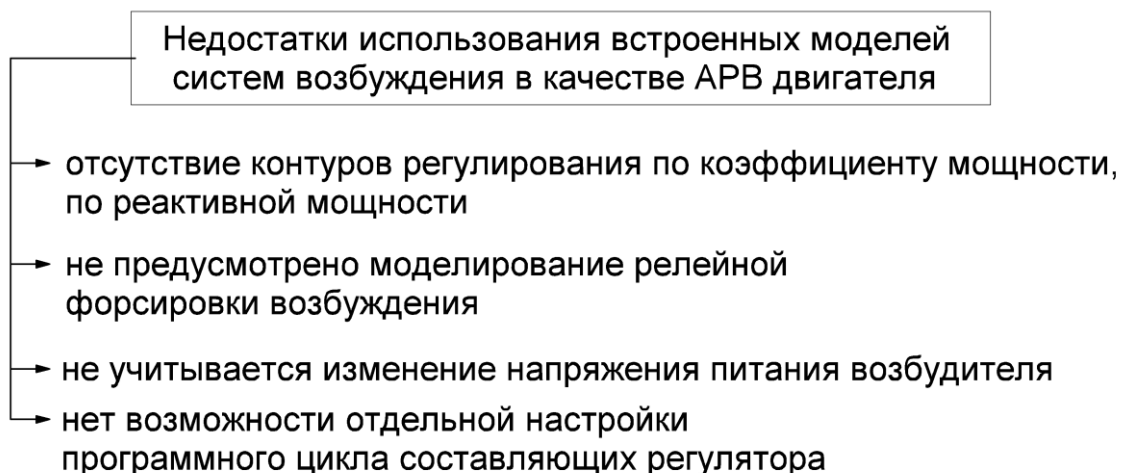


Рисунок 4 – Недостатки при использовании встроенных моделей

На основании этих данных было решено использовать в дальнейшем собственную модель системы возбуждения в программной среде MATLAB (Simulink).

Выполненные модели в виде S-функции Simulink позволяют получить ряд преимуществ, которые представлены на рисунке 4.

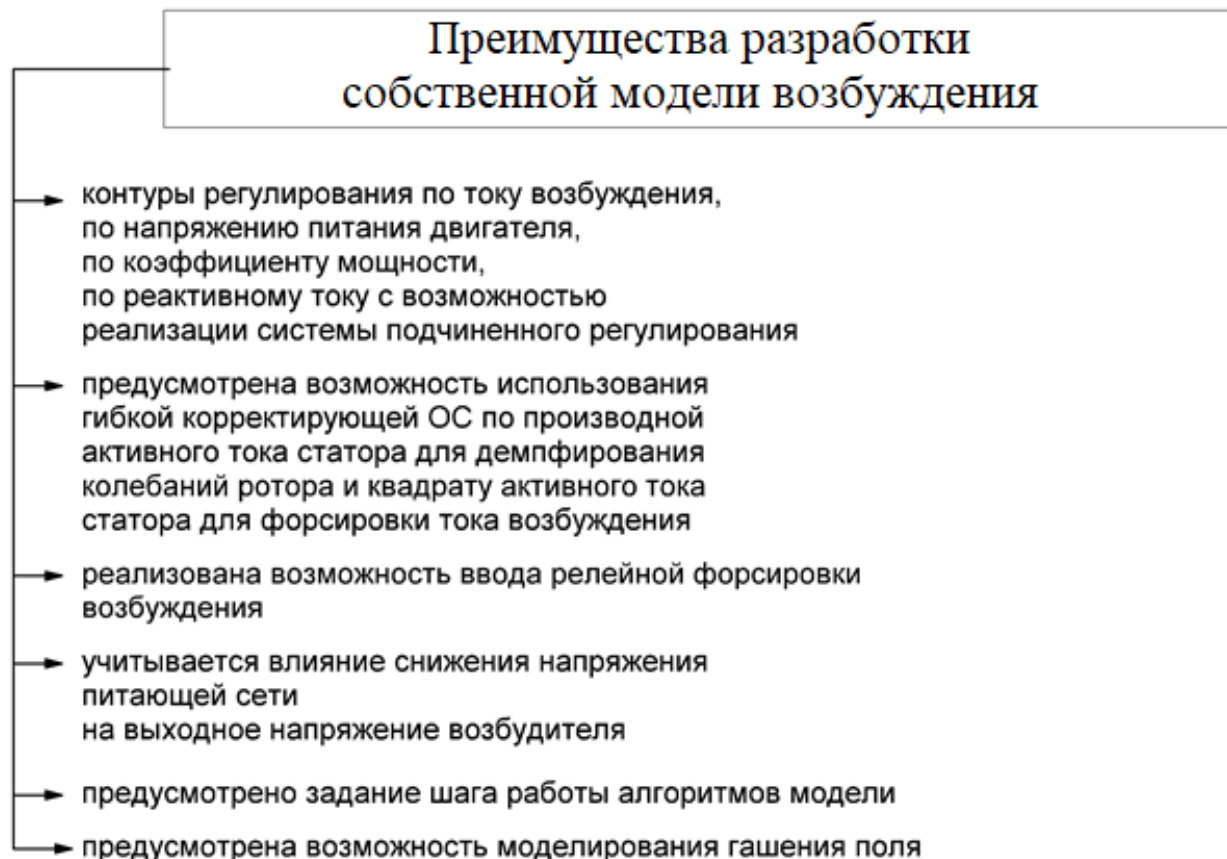


Рисунок 4 – Преимущества разработанных моделей

В заключение хочется отметить, что мы получили при реализации моделей систем возбуждения следующие результаты:

1. Модель синхронного двигателя на базе встроенной модели Matlab (Simulink). Анализ данных схем позволил сделать вывод о адекватности и пригодности разработанных моделей для анализа динамических режимов синхронных двигателей.

2. Собственная модель системы возбуждения синхронного двигателя на базе функций Simulink наиболее достоверно отражает реальную работу синхронного двигателя.

Список литературы

1. Сахаров, С. Н. Расчетно-экспериментальная проверка режимов самозапуска механизмов собственных нужд ПГУ-450 Калининградской ТЭЦ-2 при

перерывах питания / Сахаров С. Н., Кузьмичев В. А. // Электрические станции, 2008. - N 4. - С. 46-55.

2. Кожевникова, Е. С. Определение условий поочередно-группового самозапуска электродвигателей / Е. С. Кожевникова, В. В. Челпанов // Известия вузов. Электромеханика, 2007. - N 6. - С. 41-45. - Библиогр.: с. 45 (4 назв.).

3. Пупин, В. М. Исследование режимов пуска и самозапуска электродвигательной нагрузки с целью обеспечения непрерывности технологических процессов [Текст] / Пупин В. М., Басков М. В., Скворцов Д. В. // Промышленная энергетика. - 2006. - N 7. - С. 27-33. - Библиогр.: с. 23.

4. Шабанов, В. А. Обеспечение селективности второй ступени защиты минимального напряжения на нефтеперекачивающих станциях / В. А. Шабанов // Промышленная энергетика, 2008. - N 4. - С. 25-27. - Библиогр.: с. 27 (4 назв.).

5. Дьяконов, А. А. Автоматизация расчета самозапуска синхронных двигателей [Электронный ресурс] : выпускная квалификационная работа: направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника / А. А. Дьяконов. - Оренбург, 2018. - 88 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОСЦИЛОГРОФА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ МЕЖВИТКОВЫХ ЗАМЫКАНИЙ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Ямансарин И.И., канд. техн. наук,

Саликов М.П., канд. техн. наук, доцент

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования**

«Оренбургский государственный университет»

Современные серии асинхронных двигателей общепромышленного исполнения являются высоконадежными и широко используемыми. Довольно трудно представить какую-либо отрасль промышленности где бы не использовались такие электродвигатели. Высокая надежность обусловлена высоким качеством проектирования, отработанной и автоматизированной технологией производства. Довольно просты они с точки зрения эксплуатации. При правильном выборе нагрузки, режима работы и условий эксплуатации [1] они могут служить безотказно длительное время.

Однако, в процессе эксплуатации все же могут возникать неисправности электродвигателей, а именно износ подшипников, межвитковые, межфазные замыкания, а также замыкания на корпус. Перечисленные неисправности приводят к полному выходу из строя электродвигателя. Причем некоторые из неисправностей можно обнаружить на ранних этапах их развития и устранить. Например, износ подшипников довольно легко обнаруживается и устраняется путем полной замены. Замыкание на корпус можно определить при помощи мегомметра измерением сопротивления изоляции, устранить можно сушкой изоляции [2]. Межвитковые замыкания, наиболее распространённый вид неисправности, обнаружить и однозначно диагностировать довольно сложно. Особенно сложно диагностировать межвитковые замыкания для двигателей малой и средней мощности. При межвитковом замыкании образуется замкнутый электрический контур. А так как, в пазу хаотично расположено большое количество витков, то и короткозамкнутый контур может содержать от одного до нескольких десятков витков. Соответственно и диагностические признаки у такой неисправности будут значительно отличаться. Например, если в замкнутом контуре 2-3 витка, а в фазе обмотки 200 витков, то измерением сопротивлений обмотки неисправность обнаружить затруднительно. Если в замкнутом контуре 20-30 витков, то неисправность легко обнаруживается при измерении сопротивления обмотки. На практике выявлением межвитковых замыканий практически не занимаются, электродвигатель работает до полного отказа. И это себя полностью оправдывает для двигателей небольшой мощности, работающих на устройствах остановка которых не повлечет за собой нарушение сложных технологических процессов или больших материальных затрат. Но на некоторых ответственных механизмах доводка до полного отказа электродвигателя недопустима (главная подъемная и вентиляционная установка подземного рудника и т.д.), требуется точная диагностика технического состояния.

В процессе эксплуатации происходит естественный процесс старения электрической изоляции, которая становится более хрупкой, появляются дефекты, трещины, снижается её электрическое сопротивление [3]. При значительном старении витковой изоляции и воздействии электрического напряжения возникают межвитковые замыкания в обмотке. На рисунке 1 показаны схема обмотки асинхронного двигателя и показана схема межвиткового замыкания с направлениями токов. Фазный ток I_ϕ протекает по виткам обмотки, через место замыкания мимо и далее по неповрежденным виткам. В короткозамкнутом контуре протекает межвитковый ток $I_{\text{МВЗ}}$. Причем ток $I_{\text{МВЗ}}$ больше номинального в несколько раз. Соответственно, плотность тока в короткозамкнутом контуре в несколько раз выше допустимой, что приводит к перегреву изоляции замкнутых витков, и выходу из строя электродвигателя.

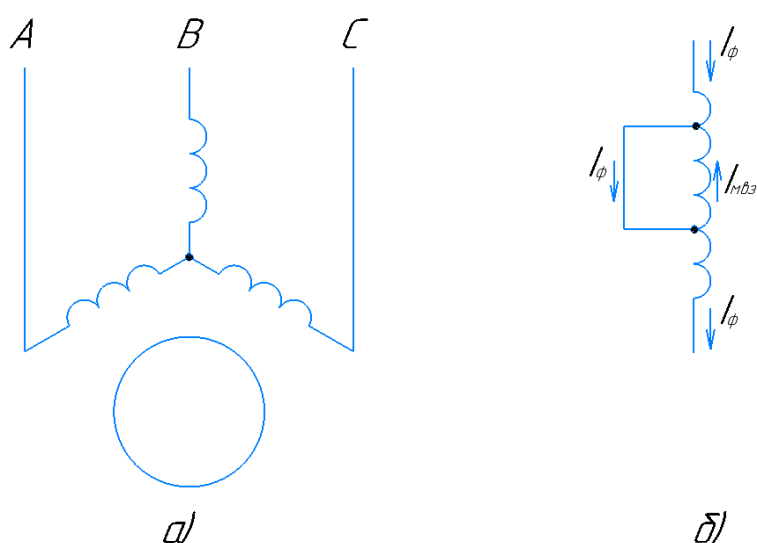


Рисунок 1 – К пояснению межвиткового замыкания обмотки асинхронного электродвигателя: а) Схема включения обмоток асинхронного двигателя; б) Токи при возникновении межвиткового замыкания в фазе обмотки

По местному перегреву можно точно диагностировать и определить секции обмотки с межвитковыми замыканиями. Перегрев также вызывает почернение изоляции в местах перегрева. Но такой способ диагностики межвитковых замыканий неудобен так как приходится разбирать двигатель, чтобы получить доступ к обмотке.

Перспективным является способ диагностики по внешнему магнитному полю электродвигателя с помощью осциллографа. При этом не требуется разборка электродвигателя. Но при диагностике по внешнему магнитному полю требуется правильно расположить датчик [4] (чувствительный элемент) магнитного поля. При расположении датчика на наружной (цилиндрической части) корпуса двигателя ЭДС наводимая внешним магнитным полем в катушке датчике содержит основную и зубцовые гармоники магнитного поля (рисунок 2). Частота основной гармоники равна 50 Гц. На один период основной гармоники

приходиться z/p (где z – число зубцов статора, p – число пар полюсов) периодов зубцовых гармоник. При возникновении межвитковых замыканий картина ЭДС наводимой в датчике не изменяется.

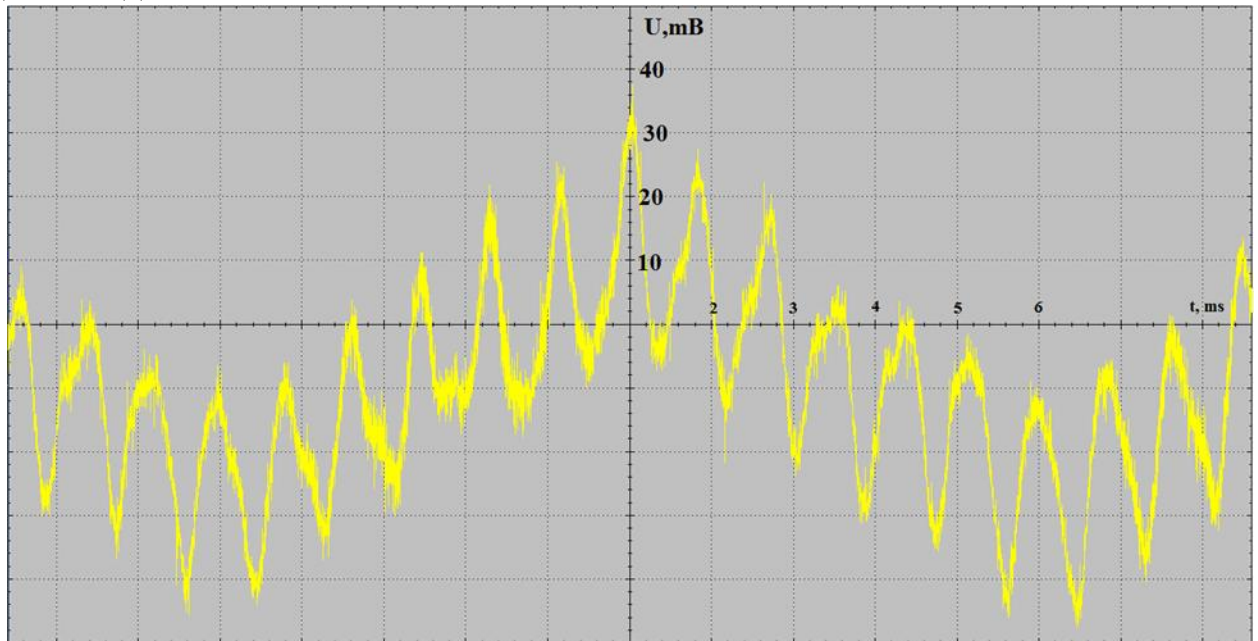


Рисунок 2 – Осциллограмма ЭДС наводимой в датчике на наружной (цилиндрической части) корпуса двигателя АИР100S6

Если датчик расположить ближе к ротору то картина ЭДС и магнитного поля изменится и будет содержать основную и зубцовые гармоники. На один период основной гармоники будет приходиться $(z+z_2)/p$ (где z_2 – число зубцов ротора) периодов зубцовых гармоник (Рисунок 3).

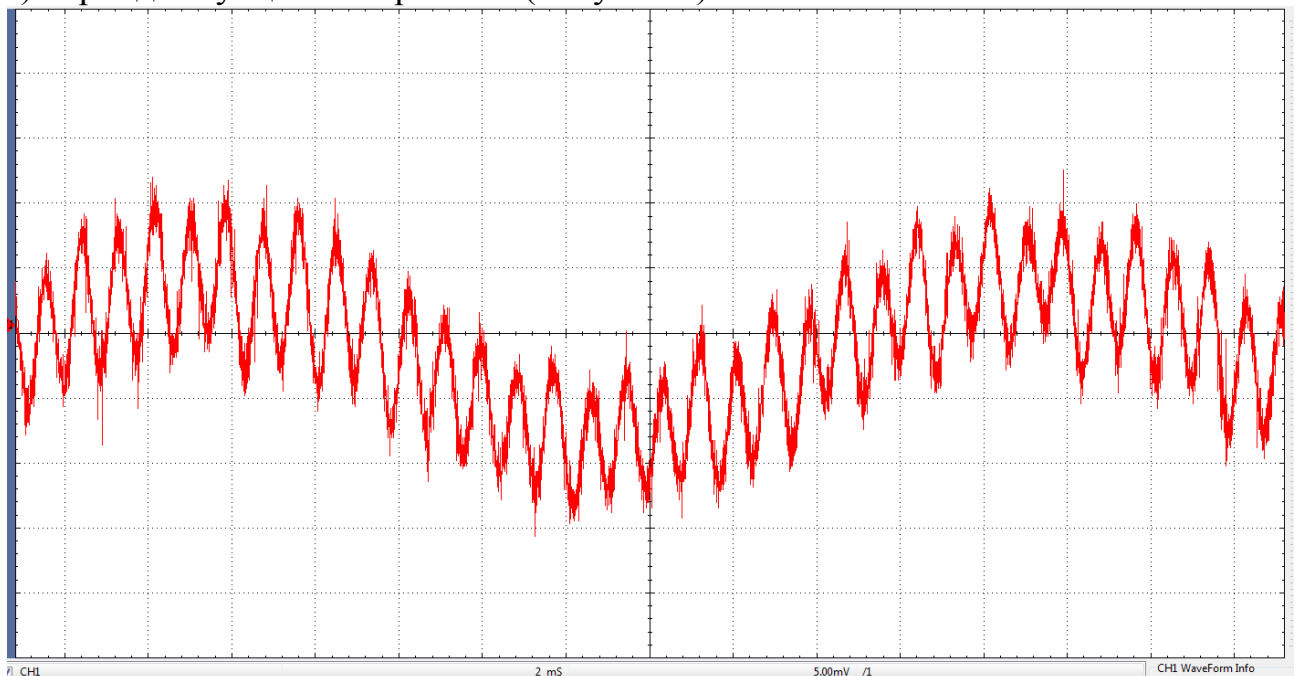


Рисунок 3 – Осциллограмма ЭДС наводимой в датчике с торцевой части ротора при отсутствии межвитковых замыканий

При возникновении межвиткового замыкания величина ЭДС основной и зубцовых гармоник будет изменяться (Рисунок 4).

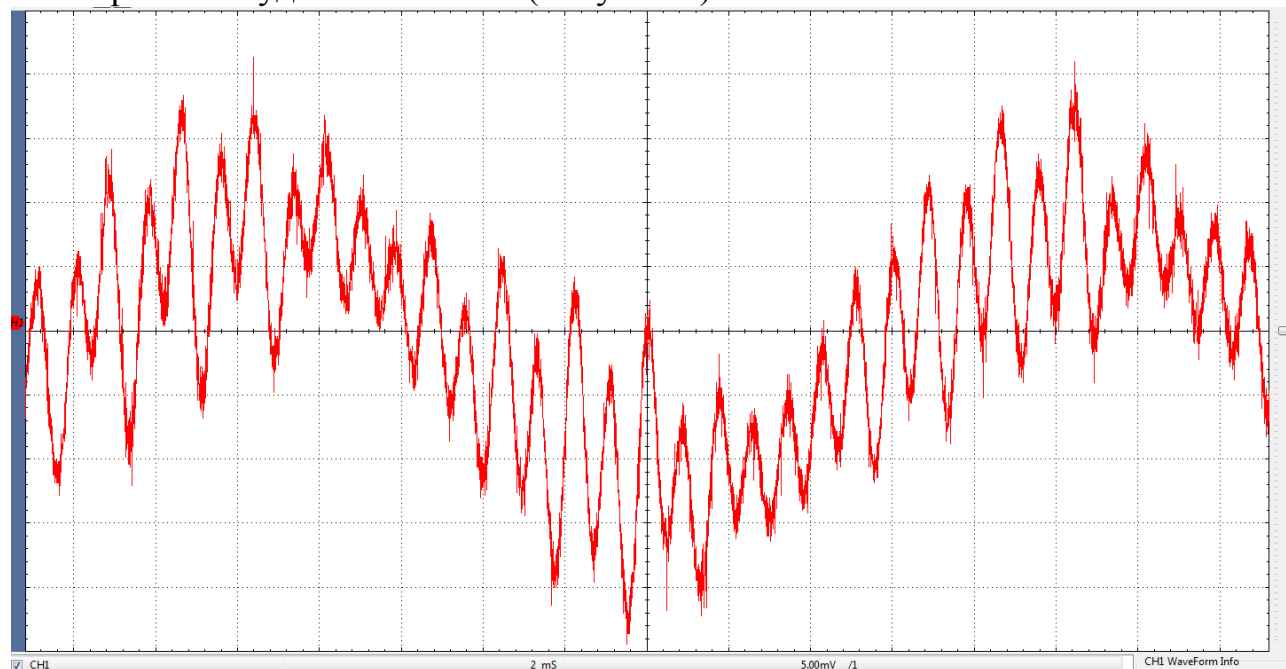


Рисунок 4 – Осциллограмма ЭДС наводимой в датчике с торцевой части ротора, при замыкании двух витков обмотки статора

По осциллограмме видно, что изменяется амплитуда отдельных зубцовых гармоник. Видно, что изменение закономерно и повторяется с определенной частотой. Приведенная осциллограмма требует более детального анализа, который возможно будет использовать для диагностики и точного нахождения неисправных секций обмотки. Таким образом при правильном расположении датчика поля можно выявить наличие межвиткового замыкания обмотки статора.

Список литературы

1 Исследование влияния климатических факторов на интенсивность отказов электрических машин. Саликов М.П., Ямансарин И.И., Безгин А.С., Сурков Д.В. Известия высших учебных заведений. Электромеханика. 2018. Т. 61. № 1. С. 40-45.

2 Гемке, Р. Г. Неисправности электрических машин [Текст] / Р. Г. Гемке; под ред. Р. Б. Уманцева. - 9-е изд., перераб. и доп. - Л. : Энергоатомиздат, 1989. - 336 с. : ил. - Прил.: с. 106-321. - Библиогр.: с. 322-323. - Предм. указ.: с. 324-328. - ISBN 5-283-04431-9.

3 Гольдберг, О. Д. Надежность электрических машин [Текст] : учеб. для вузов / О. Д. Гольдберг, С. П. Хелемская. - М. : Академия, 2010. - 288 с. - (Высшее профессиональное образование. Электротехника). - Прил.: с. 275-284. - Библиогр.: с. 285. - ISBN 978-5-7695-5739-2.

4 Способ контроля электрического тока через подшипники электрической машины и трансформатор тока для его осуществления / Саликов М.П., Ямансарин И.И., Патент на изобретение RU 2713467 C1, 05.02.2020. Заявка № 2018136803 от 18.10.2018.

АНАЛИЗ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ ПО ВОПРОСАМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ

Ярулина Н.Р., Валиуллин К.Р., канд. техн. наук

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

Наиболее стремительно развивающимся и перспективным направлением альтернативной энергетики является солнечная. Но на данный момент существует проблема оценки эффективности работы фотоэлектрических систем. Для того, чтобы создать энергоэффективную солнечную электрическую станцию (СЭС), нужны способы оценки функционирования фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) в разных режимах работы, а также предопределения мощности солнечных батарей (СБ) с учётом воздействия внешних климатических факторов. Примером может являться поиск точки максимальной мощности – параметров, при которых в данных условиях окружающей среды, отдаваемая солнечной батареей в сеть энергия будет наибольшей.

В связи с повышением роста объемов выпуска солнечных ФЭП встаёт вопрос точного определения их характеристик и параметров. Основным методом оценки качества и эксплуатационных характеристик солнечных элементов и модулей является измерение вольт-амперных характеристик (ВАХ).

Во время исследования ФЭП можно заменить этап прямого измерения ВАХ и ватт-вольтовой характеристики (ВВХ) процессом компьютерного моделирования, снимающим важность иметь в наличии дорогостоящие имитаторы излучения солнца [1].

Аналитические модели, которые наиболее известны на сегодняшний момент, имеют возможность воспроизведения изменений выходных характеристик СЭ и СБ под действием различных температур и уровней освещенности, но не принимают во внимание другие значимые факторы. Например, не учитываются: неидеальность СЭ, необходимость воспроизведения характеристик СБ из различных материалов, конструктивные особенности батарей, а также внешние факторы, влияющие на работу СЭС. Помимо этого, чтобы использовать данные модели, необходимо проводить ряд экспериментов, которые позволят определить их входные параметры. Подробнее некоторые из имитационных моделей будут рассмотрены далее.

В [2] представлена разработка имитационной модели автономной фотоэлектрической станции. Данная модель состоит из следующих основных элементов: солнечная и аккумуляторная батареи, модель изменения радиации Солнца, контроллер заряда, электрическая нагрузка, инвертор. Произвести исследования энергетических станций разной конфигурации возможно благодаря моделям каждого элемента СЭС, разработанным в среде программирования MATLAB/Simulink. Безусловным достоинством рассматриваемой имитацион-

ной модели является то, что учитываются разнообразные факторы окружающей среды, которые оказывают воздействие на характеристики СБ. Недостаток заключен в следующем: фотоэлектрическая станция (ФЭС) функционирует при значительном разбрасывании скорости развития процессов в компонентах, что ведёт к проблемам разработки адекватных математических моделей. К примеру, постоянные времени для электрической нагрузки – часы, для аккумуляторной батареи – минуты, для полупроводниковых преобразователей – доли секунды. Однако, это упущение предоставляет возможность отдельного рассмотрения процессов в данных элементах.

Разработка мобильного масштабируемого энергокомплекса на базе возобновляемых источников питания в программной среде MATLAB рассмотрена в статье [3]. Элементы, из которых состоит модель энергокомплекса: ветрогенератор, фотоэлектрические панели, дизельная электростанция и аккумуляторные батареи, созданные при помощи блок-диаграмм. Чтобы проанализировать модели, ввели произвольные начальные данные: мощность ветрогенератора, емкость и число аккумуляторных батарей; площадь солнечных модулей; метеорологические параметры; график нагрузок. Преимущество выражено в мобильности энергокомплекса, а осуществление моделирования только при постоянном токе и без изменений баланса мощности сильно упрощает модель и сказывается на окончательных результатах.

Авторы [4] разработали имитационную модель контроллера солнечной батареи. В случае избытка генерируемой мощности происходит передача энергии в заряд аккумуляторной батареи (АБ) и нагрузку. Заряд АБ может получать двумя способами: первый – это неизменным током заданной величины, второй – снижающимся током при поддержании напряжения АБ на заданном, обычно максимально допустимом уровне. В случае возникновения дефицита генерируемой мощности происходит разряд АБ и контроллер СБ обеспечивает отключение нагрузки при разряде АБ до допустимого уровня. Контроллер состоит из силовой цепи, в виде импульсного преобразователя энергии, и устройства управления, которое при реализации функций контроллера может изменять режимы работы импульсного преобразователя энергии. Логика функционирования разработанной модели соответствует реальному режиму работы контроллера в разных состояниях: в режиме заряда АБ постоянным током заданной величины, в режиме поиска точки экстремального регулирования СБ, в режиме заряда АБ снижающимся током при достижении напряжения АБ определённого уровня; также контроль за состоянием АБ и, в случае снижения напряжения АБ до нижнего уровня, отключение нагрузки. Но всё же при таких достоинствах модели минус в том, что у неё низкая сходимость результатов. При оценке результатов тестирования модели СЭП с описанной моделью контроллера СБ и результатов экспериментальных исследований процессов в СЭП с макетом контроллера СБ отметили их удовлетворительную сходимость, о чем говорят осциллограммы и графики, приведенные в статье.

Разработка имитационной модели фотоэлектрических модулей в программной среде MATLAB/Simulink представлена в статье [5]. Модель, разрабо-

танная в данной работе, основана на пяти параметрической аналитической модели ВАХ солнечного элемента. Благодаря этой модели возможно исследование ВАХ и ВВХ солнечных модулей в зависимости от ряда параметров. Например, от уровня интенсивности солнечного излучения, значения тока короткого замыкания, внутренних сопротивлений солнечных элементов, температуры, напряжения холостого хода, а также диодного параметра. Сравнение результатов исследования показало отклонения полученных при моделировании ВАХ от экспериментальных. Причиной этому послужила трудность точного измерения последовательного и шунтирующего сопротивлений солнечных элементов.

Основные достоинства и недостатки рассмотренных моделей СЭС сведены в таблице 1.

Таблица 1 – Достоинства и недостатки существующих имитационных моделей СЭС

Наименование моделей	Ученые	Достоинства	Недостатки
Имитационная модель режимов работы автономной фотоэлектрической станции с учетом реальных условий эксплуатации	Обухов С.Г., Плотников И.А.	Учет влияния разнообразных факторов окружающей среды на характеристики СБ.	Значительное разбрасывание скорости развития процессов в отдельных элементах.
Имитационная модель мобильного энергокомплекса на базе ВИЭ в программе MATLAB	Гордиевский Е. М.	Мобильность энергокомплекса, наличие нескольких источников питания.	Моделирование осуществляется только при постоянном токе и при постоянном балансе мощности.
Имитационная модель контроллера солнечной батареи	Пост С.С., Донцов О.А., Иванчура В.И., Краснобаев Ю.В.	Адекватное отображение логики работы реального контроллера.	Удовлетворительная сходимость результатов экспериментальных исследований.
Моделирование характеристик фотоэлектрических модулей в Matlab/Simulink	Козюков Д. А., Цыганков Б. К.	Исследование ВАХ и ВВХ солнечных модулей в зависимости от ряда параметров.	Отклонение полученных при моделировании ВАХ от экспериментальных.

Таким образом, существующие модели обладают своими достоинствами, но при этом у каждой из них есть определенные недостатки. Проанализировав часть работ, приходим к выводу, что создание эффективной имитационной модели СЭС является актуальной задачей на данный момент. Нелинейность ха-

рактических основных элементов, а также их зависимость от внешних факторов существенно усложняют решение обозначенной задачи, что вызывает необходимость применения методов математического моделирования.

Список литературы

1. Л.С. Лунин, А.С. Пашенко. Моделирование и исследование характеристик фотоэлектрических преобразователей на основе GaAs и GaSb // Журнал технической физики, 2011, том 81, вып. 9. – С.71-76.
2. Обухов Сергей Геннадьевич, Плотников Игорь Александрович Имитационная модель режимов работы автономной фотоэлектрической станции с учетом реальных условий эксплуатации // Известия ТПУ. 2017. №6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/imitatsionnaya-model-rezhimov-raboty-avtonomnoy-fotoelektricheskoy-stantsii-s-uchetom-realnyh-usloviy-ekspluatatsii>
3. Гордиевский Е. М. и др. Разработка имитационной модели мобильного энергокомплекса на базе ВИЭ в программе Matlab //Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2019. – №. 31.
4. Пост С. С. и др. Имитационная модель контроллера солнечной батареи //Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2014. – Т. 325. – №. 4.
5. Козюков Д. А., Цыганков Б. К. Моделирование характеристик фотоэлектрических модулей в Matlab/Simulink //Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – №. 112.